

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Метельников Артём Александрович

Тема диссертации: Космическая лазерная энергетическая установка на основе волоконных лазеров

Специальность: 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 30 декабря 2019 года диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Метельникову Артёму Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Равикович Ю.А., *заместитель председателя ученого совета* Агульник А.Б., *ученый секретарь диссертационного совета* Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Абашев В. М., Демидов А.С., Козлов А.А, Кочетков Ю.М., Краев В. М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П. В., Попов Г.А., Силюянова М.В., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А., Чванов В.К..

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.08, д.т.н., профессор

Зуев Ю.В



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.12.2019 г. № 35

О присуждении Метельникову Артёму Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Космическая лазерная энергетическая установка на основе волоконных лазеров» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 29.10.2019 г. (протокол заседания № 25) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4; приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Метельников Артём Александрович, 1991 года рождения, работает инженером в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2019 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук Авдеев Алексей Валерьевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», филиал «Ракетно-космическая техника», директор филиала.

Официальные оппоненты:

- Ребров Сергей Григорьевич, доктор технических наук, Государственный научный центр Российской Федерации - федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», отдел космической энергетики, начальник отдела;

- Кулалаев Виктор Валентинович, кандидат технических наук, доцент, Опытно-конструкторское бюро имени А.Люльки - филиал ПАО "ОДК-УМПО", отдел перспективных разработок, главный специалист

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Бабук Валерием Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Космические аппараты и двигатели», Савиным Андреем Валерьевичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Лазерная техника» и утвержденном Матвеевым Станиславом Алексеевичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновационному развитию, указала, что результаты и выводы диссертации

целесообразно использовать в организациях, занимающихся научными исследованиями и разработками методов и технических средств снижения и предотвращения техногенного засорения околоземного космического пространства, в частности, лазерных систем для удаления космического мусора, а также в организациях, ведущих работы по тематике применения лазеров в космосе. Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в возможности применения сформулированных автором рекомендаций при обосновании состава и параметров перспективной космической лазерной энергетической установки, предназначенной для очистки выбранной орбиты от мелкого космического мусора. Диссертация представляет собой завершённую научную квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи разработки методического обеспечения структурного и параметрического синтеза космических энергоизлучающих установок, предназначенных для очистки выбранных орбит от мелкого космического мусора. По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор - Метельников Артём Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, общим объёмом 2,31 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях и приравненных к ним опубликовано 5 работ. Из 16 публикаций: 5 – статьи в научных изданиях, 1 – свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 8 – тезисы докладов на научных конференциях, 2 – аннотации конкурсных работ. Все работы написаны в соавторстве.

Эти работы посвящены обоснованию требований к подсистемам космической лазерной энергоустановки, предназначенной для очистки выбранной орбиты от опасных фрагментов космического мусора; разработке методики расчета энергетических характеристик подсистем мобильных многофункциональных

лазерных энергетических установок на основе волоконных лазеров; расчету энергомассовых характеристик космического аппарата с системой электропитания на основе ядерной энергетической энергоустановки и космической лазерной энергетической установкой.

Авторский вклад Метельникова А.А. заключается в проведении анализа существующих работ по теме исследования, обобщении полученных в них результатов и разработке методик определения параметров подсистем космической лазерной энергетической установки на основе волоконных лазеров, предназначенной для очистки выбранной орбиты от опасных фрагментов космического мусора.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы:

1. Авдеев А. В., Каторгин Б. И., Метельников А. А. Методика расчета энергетических характеристик подсистем мобильных многофункциональных лазерных энергетических установок на основе волоконных лазеров// Вестник МАИ 2019. Т. 26. № 2. С. 61-69.
2. Авдеев А.В., Метельников А.А. Теоретическая разработка лидарной установки космического базирования на основе непрерывного химического DF-лазера для мониторинга атмосферы// Труды МАИ, 2015 г., выпуск № 81: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=57833>
3. Авдеев А.В., Метельников А.А. Бортовая лазерная силовая установка для борьбы с космическим мусором// Труды МАИ, 2016, №89: https://mai.ru/upload/iblock/28b/avdeev_melnikov_rus.pdf
4. Avdeev A., Boreysho A., Ivakin S., Katorgin B., Metelnikov A. Nuclear powered spaceborne laser for orbital debris removal// PROCEEDINGS OF SPIE, 11042, XXII International Symposium on High Power Laser Systems and Applications, 1104211 (3 January 2019); doi: 10.1117/12.2522456
5. Свид. 2018666280 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Оценка параметров орбиты космического объекта при изменении его результирующего вектора скорости/ А.В. Авдеев,

А.А. Метельников; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «МАИ(НИУ)» (RU). – №2018663219; заявл. 22.11.18; опубл. 13.12. 18, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв официального оппонента Реброва Сергея Григорьевича, доктора технических наук содержит замечания:

1. Эффективность очистки орбиты от мусора лазерным лучом будет иметь вероятностный характер и зависеть от формы фрагментов, скорости, массы, направления их вращения, материала. В диссертации не поставлен и не рассмотрен вопрос - какая доля из всех фрагментов, на которые воздействует лазер, может быть заторможена с изменением траектории движения к Земле.
2. При расчете параметров системы электропитания на основе солнечных батарей в подразделе 3.3.1 не учитывается динамика изменения угла отклонения солнечных батарей от направления на Солнце.
3. При анализе энергомассовых характеристик установки следовало бы учесть параметры волоконных лазеров, разрабатываемых и изготавливаемых российской компанией - «ИРЭ-Полюс», г. Фрязино.

Отзыв официального оппонента Кулалаева Виктора Валентиновича, кандидата технических наук, доцента содержит замечания:

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 космической лазерной установки (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.

Отзыв ведущей организации - федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» - содержит замечания:

1. В работе оценивается только относительная эффективность применения космической энергоизлучающей установки для очистки выбранных орбит от мелкого космического мусора. Было бы показательным сравнить общую результативность целевого применения 8-ми вариантов построения КЛЭУ, предложенных автором, а также оценить сходимость полученных результатов параметрического синтеза с известными аналогичными проектами КЛЭУ.
2. Требуется пояснения операция, описанная выражением (2.24), а также использованная в расчётах полоса пропускания Δf [Гц] приёмника оптического излучения.
3. Методики параметрического синтеза КЛЭУ и определения параметров режимов работы КЛЭУ, приведённые в тексте диссертации и в автореферате, имеют незначительные отличия.
4. В тексте диссертации присутствуют ошибки в терминах и обозначениях, кроме того, смещена нумерация части ссылок на использованную литературу.
5. Недостаточное внимание в работе уделено обоснованию принимаемых допущений. Отсутствуют данные о верификации разработанных методик.

Отзыв на автореферат диссертации Парфеньева Михаила Владимировича,

кандидата технических наук, начальника отдела АО «НПО «Энергомаш» содержит замечания:

В качестве замечания следует отметить неубедительность приведенного примера, обосновывающего меньшие массы КЛЭУ на основе волоконных лазеров (2,4 т при мощности лазерного излучения 1 кВт) по сравнению с КЛЭУ на основе непрерывных химических лазеров (НХЛ) (13,7 т при мощности излучения 5 кВт), особенно с учетом того, что в приведенную массу КЛЭУ с НХЛ включена масса системы хранения запасов компонентов лазерного топлива (6,7 т), а для КЛЭУ на основе волоконного лазера система электропитания является внешней по отношению к КЛЭУ и входит в состав систем КА, как показано на рисунке 1 автореферата. Также из автореферата не ясно в чем состоит методика определения массы КА с КЛЭУ.

Отзыв на автореферат диссертации Климова Константина Николаевича, доктора технических наук, главного научного сотрудника ПАО «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» содержит замечания:

1. В автореферате не указано, какие параметры материала ФКМ учитывает коэффициент связи C_m . Например, учитывает ли данный коэффициент альбедо?
2. Для большей полноты в работе следовало бы больше внимания уделить конструктивным особенностям КЛЭУ на основе волоконных лазеров.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников акционерного общества «Машиностроительное конструкторское бюро «Искра» имени Ивана Ивановича Картукова» – Норенко А.Ю., кандидата технических наук, доцента, заместителя главного конструктора по НИР и Тихомирова М.А., кандидата технических наук, начальника отдела инновационного развития – содержит замечания:

1. В автореферате не приведены параметры, которые входят в векторы параметров выделенных подсистем КА и КЛЭУ $X_{\text{Фос}}$, $X_{\text{Лс}}$, $X_{\text{Скм}}$ и т.д.
2. Не указаны все исходные данные, которые были использованы для расчета значений, приведенных в таблице 3 и таблице 4. Например, не ясно какие значения параметров системы обнаружения КЛЭУ были использованы при расчете.
3. Отсутствуют рекомендации по дальнейшей разработке темы исследования.

Отзыв на автореферат диссертации Сысоева В.К., доктора технических наук, начальника отдела акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» содержит замечания

1. Название диссертации помпезно и не отражает содержательную суть исследования.
2. Не предоставлены проектные расчеты представленных возможностей данной методики по расстоянию от аппарата до фрагментов космического мусора.
3. Из текста автореферата непонятно каком образом и какие характеристики фрагментов космического мусора определяются с лазерной локационной системы.
4. Не ясно, какой используется режим работы лазерной системы - непрерывный, импульсный или импульсно-периодический;
5. И, конечно, не ясно каким образом обеспечивается, что воздействие лазерного излучения на фрагмент космического мусора придаст ему импульс для снижения в атмосферу Земли, а не наоборот.

Отзыв на автореферат диссертации Ластовецкого А.Е., кандидата технических наук, доцента, начальника отделения – главного научного сотрудника публичного акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Импульс» содержит замечания:

1. Из автореферата не ясно на какие существующие разработки КА с КЛЭУ для очистки околоземного пространства ссылается автор.
2. Из автореферата не ясно на какие наземные эксперименты ссылается автор (стр.13).
3. В автореферате не приведены абсолютные значения удаляемых ФКМ с занимаемых КА с КЛЭУ орбит.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников федерального государственного бюджетного учреждения «Центральный научно-исследовательский институт Воздушно-космических сил» Министерства обороны Российской Федерации – Беломытцева А.В., кандидата военных наук, начальника НИЦ и Лазарева А.В., кандидата технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника – содержит замечания:

1. В автореферате не обосновано почему для обнаружения рассматриваемых ФКМ

используется метод лазерной локации. Возможно ли использование пассивных средств обнаружения для ФКМ с рассматриваемыми размерами?

2. Из автореферата не ясно в какой литературе приведены уровни плотности энергии, требуемой для возникновения на поверхности ФКМ процесса плазмообразования.

3. В автореферате отсутствуют сведения о внедрении результатов научного исследования.

Отзыв на автореферат диссертации Самонова В.А., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, заместителя главного конструктора акционерного общества «Машиностроительное конструкторское бюро «Факел» имени академика П.Д. Грушина» содержит замечания:

1. В автореферате не указано для какого времени миссии получены значения массы КА с КЛЭУ.

2. В автореферате не разъясняется какие именно ограничения, учитывает методика определения массы КА с КЛЭУ.

3. Из автореферата не ясно каким методом перебираются варианты параметров лазерной системы КА с КЛЭУ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Метельникова А.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор первого официального оппонента – Реброва Сергея Григорьевича, доктора технических наук, начальника отдела космической энергетики ФГУП «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» – обосновывается его достижениями в области космической энергетики. Ребров С.Г. является автором и соавтором научных трудов, посвященных численному моделированию процессов, проходящих в камере сгорания жидкостного ракетного двигателя с лазерным зажиганием; разработке космических лазерных энергетических установок, решающих задачу передачи энергии на космические аппараты; изучению вопросов, связанных с совершенствованием схем накачки и исследованием тепловых процессов в активных средах твердотельных лазеров.

Выбор второго официального оппонента – Кулалаева Виктора Валентиновича, кандидата технических наук, доцента, главного специалиста отдела перспективных разработок Опытного-конструкторского бюро имени А.Люльки – филиала ПАО "ОДК-УМПО" – обосновывается опытом его работы в области проектирования мощных лазерных энергетических установок и газотурбинных двигателей. Среди его компетенций находятся задачи моделирования процессов, возникающих при взаимодействии лазерного излучения с веществом, и разработки подсистем мощных лазеров. Выбор Кулалаева В.В. официальным оппонентом обусловлен также тем, что в 2019 году им были разработаны и запатентованы кольцевой объемный оптический резонатор и способ генерации излучения газодинамического лазера, интегрированного в единую конструкцию газотурбинного двигателя, и газотурбинный двигатель для обеспечения работы такого лазера.

Выбор ведущей организации - федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» - обоснован её достижениями в теории и создании лазерных энергетических установок различного назначения. Накопленный опыт и соответствующие компетенции позволяют специалистам предприятия, в частности подписавшим отзыв ведущей организации, оцепить актуальность и научную новизну диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию результатов диссертаций для предприятий отрасли, занимающимся проектированием космических лазерных энергетических установок. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом работы в областях, связанных с космической энергетикой, лазерной физикой и разработкой космических аппаратов, о чем говорят их публикации в рецензируемых научных изданиях по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан методический аппарат, позволяющий проводить параметрический синтез космической лазерной энергетической установки на основе волоконных лазеров,

рассчитывать массу космического аппарата с такой установкой и определять эффективность ее применения для очистки заданной орбиты от опасных фрагментов космического мусора;

- предложен новый подход к проектированию космической лазерной энергетической установки, позволяющий учесть ограничения на ее энергомассовые характеристики, накладываемые подсистемами космического аппарата.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- изучены связи между энергомассовыми параметрами космической лазерной энергетической установки и параметрами подсистем космического аппарата и изложены основные положения формирования ее структурного облика.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- представлены рекомендации по выбору типа системы генерации электрической энергии для космического аппарата с лазерной энергетической установкой;

- создана математическая модель для расчета массы и определения эффективности применения лазерной энергетической установки, которая может быть использована при разработке методов оптимального согласования параметров и характеристик системы «силовая установка – космический аппарат – энергетическая установка».

- определены ограничения, накладываемые на энергомассовые характеристики рассматриваемых в работе лазерных энергетических установок;

- сформулированы практические рекомендации по выбору режимов работы космической лазерной энергетической установки при решении задачи очистки околоземного пространства от космического мусора;

- результаты работы используются в учебном процессе МАИ (НИУ) и БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта по разработке и созданию энергетических и двигательных установок космических аппаратов, а также лазерных энергетических установок;

- использованы известные из литературы экспериментальные данные из проекта

«ORION» по исследованию импульса отдачи разных материалов при воздействии на них лазерного излучения в вакууме;

- установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

Личный вклад соискателя состоит в

- разработке математической модели для расчета массы и определения эффективности применения лазерной энергетической установки;
- непосредственном участии в получении исходных данных и в расчетных исследованиях;
- обработке и интерпретации полученных данных.

На заседании 30 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Метельникову А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 10 докторов наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 22, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
Д 212.125.08,
д. техн. наук, профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.125.08,
д. техн. наук, профессор

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the secretary mentioned in the text.

Зуев Юрий Владимирович

30 декабря 2019 г.