

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.12

Соискатель: Куи Мин Хан

Тема диссертации: Математическое и программное обеспечение расчета затененности солнечных батарей космических летательных аппаратов

Специальность: 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 15 марта 2018 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Куи Мин Хану ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, С.И. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, Г.Г. Райкунов, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев, Г.Ф. Хахулин, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

 А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Министерства образования и науки Российской Федерации (ФГБОУ ВО МАИ)
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.03.2018 г., протокол №6

О присуждении **Куи Мин Хану**, гражданину Республики Союз Мьянма, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация "Математическое и программное обеспечение расчета затененности солнечных батарей космических летательных аппаратов" по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «11» января 2018, протокол № 11, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк. от 11.04.2012 г.

Соискатель Куи Мин Хан, 1988 года рождения, в 2013 г. с отличием окончил магистратуру Московского авиационного института (Национального исследовательского университета) «МАИ» по направлению подготовки 160100 «Авиационное строительство». С февраля 2014 года по настоящее время является аспирантом кафедры 904 ("Инженерная графика" МАИ).

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов № 143 выдано 23 октября 2017 года федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре № 904 «Инженерная графика».

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры № 904 «Инженерная графика» факультета «Общеинженерная подготовка» МАИ **Маркин Леонид Владимирович**.

Официальные оппоненты:

1. Мельников Виталий Михайлович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГУП "Центральный научно-исследовательский институт машиностроения" (ЦНИИМАШ)

2. Локтев Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Инженерная графика" Московский государственный технологический университет "СТАНКИН".

Все оппоненты дали **положительные отзывы о диссертации**.

Ведущая организация

АО "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" (НИЦ АСК), г. Москва, дало **положительное заключение** (заключение было заслушано и одобрено 09 февраля 2018 года на заседании НТС АО НИЦ АСК (протокол заседания от 09 февраля 2018 г. № 1), подписано главным специалистом, доктором технических наук, профессором, Заслуженным деятелем науки РФ Н.А. Васильевым и заместителем генерального директора - директором по информационным технологиям П.А.Сермягиным. Отзыв утвержден генеральным директором АО "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" В.А.Злыгаревым.

В заключении указано, что диссертация Куи Мин Хана соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», является научно-квалификационной работой, в которой предложенное диссертантом методическое, алгоритмическое и программное обеспечение может быть основой оценки качества конструкторских решений при автоматизированном проектировании изделий, имеющих в своем составе солнечные батареи (как земных, так и космических). Результаты диссертационного исследования позволяют с высокой точностью оценить эффективную (незатененную) площадь солнечных батарей КЛА как на этапе проектирования КЛА, так и для рекомендаций по их эксплуатации на орбите. Разработанные диссертантом геомет-

рический аппарат, алгоритмы его использования и их программная реализация могут быть в дальнейшем использованы либо как дополнительные приложения к САД-системам, либо как отдельные модули в составе самих САД-систем.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесёнными Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

АО "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" (НИЦ АСК) был создан в качестве головной организации по разработке и внедрению автоматизированных систем конструирования (САД/САМ-систем) в оборонных отраслях промышленности. Сегодня АО «НИЦ АСК» является научным и методическим центром Корпорации «Тактическое ракетное вооружение» в области информационной поддержки жизненного цикла изделий и автоматизации опытно-конструкторских работ.

Мельников Виталий Михайлович - автор более 280 научных трудов. Область научных интересов – разработка научно-методических основ космической энергетики как основы получения энергии как в космосе, так и для ее передачи на Землю.

Локтев Михаил Александрович, – автор более 15 научных трудов. Область научных интересов - разработка дискретных (воксельных) методов геометрического моделирования как объектов, так и процессов.

Основные результаты диссертационной работы изложены в 3-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируе-

мых научных изданий ВАК, а также 1 научной монографии. Всего по теме диссертации соискатель имеет 11 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Куи Мин Хан. Геометрические модели внешней компоновки солнечных антенн космических летательных аппаратов // Электронный журнал "Труды МАИ",- 2015 № 82. Режим доступа <http://trudymai.ru/published.php?ID=58836> (№ 2186 в перечне ВАК от 27.07.2017 г.)

2. Куи Мин Хан, Маркин Л.В., Е Вин Тун, Корн Г.В. Дискретные модели геометрического моделирования компоновки авиационной техники // Электронный журнал "Труды МАИ", - 2016, № 86. Режим доступа <http://trudymai.ru/published.php?ID=66465> (№ 2186 в перечне ВАК от 27.07.2017 г.)

3. Куи Мин Хан, Маркин Л.В. Расчет взаимного затенения солнечных антенн космических летательных аппаратов // Электронный журнал "Труды МАИ", - 2017, № 93. Режим доступа <http://trudy.mai.ru/published.php?ID=80474>. (№ 2186 в перечне ВАК от 27.07.2017 г.)

а также научная монография:

1. Куи Мин Хан, Маркин Л.В., Е Вин Тун, Корн Г.В. Рецепторные модели в задачах автоматизированной компоновки техники. - Саарбрюкен, изд-во Ламберт, 2016. - 110 С.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. АО "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" (НИЦ АСК) (ведущая организация). **Отзыв положительный.**

К диссертационной работе имеются замечания.

1. В диссертации не проанализирована возможность использования современных САД-систем как для подготовки исходных данных, так и для визуализации результатов проведенных исследований.

2. Многообразие геометрических форм как самих КЛИА, так и их солнечных батарей значительно больше, чем это рассмотрено в диссертации Куи Мин Хана.

3. Не рассмотрены вопросы оптимизации расчетных операций анализа рецепторной матрице в тех ее областях, где возможность затененности объектов заведомо исключена и может не анализироваться.

2. Мельников Виталий Михайлович (официальный оппонент), доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен главным учёным секретарем ФГУП «ЦНИИмаш», доктором технических наук, профессором Ю.Н.Смагиным.

К работе имеются следующие замечания.

1. Главным замечанием по диссертации является то, что диссертант включил в рассмотрение только КА с неподвижными солнечными батареями, эффективная площадь которых с учетом затенения может быть рассчитана при любом направлении падающего потока энергии Солнца. Теоретически более простой расчетный случай солнечных батарей со следящим приводом, обеспечивающим перпендикулярность поверхности батарей солнечному потоку, в диссертации не рассмотрен. Вместе с тем он также представляет практический интерес, так как и в этом случае не удастся избежать затенения солнечных батарей элементами конструкции КЛА.

2. В диссертации совершенно не рассмотрено применение предложенного диссертантом методологического и математического аппарата для наземных геостанций. Решение этого вопроса может быть полезно и в космосе при проектировании обитаемых космических поселений.

3. Локтев Михаил Александрович (официальный оппонент), кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен начальником отдела кадров ФГБОУ ВО "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН" Поповниной Н.Е.

Поддиссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В диссертации геометрическая форма КЛА и их солнечных батарей задается либо примитивами, либо композициями примитивов. В то же время сами КЛА могут иметь значительно более сложную геометрическую форму, ограниченную криволинейными поверхностями, что в диссертации Куи Мин Хана не рассматривалось.

2. Из главы 2 не совсем понятен механизм формирования рецепторной матрицы по исходной параметрической модели КЛА.

3. В диссертации совершенно не рассмотрен такой метод снижения размерности вычислений, как SVO (Sparse Voxel Octree - Разреженное воксельное октодереве) позволяющее заменить внутренние воксели (рецепторы в терминологии диссертации) моделируемых объектов их более крупными агломерациями, не анализируемыми в процессе расчетов. Технология SVO может быть существенным резервом снижения объема вычислительных операций при решении поставленной диссертантом задачи.

4. Не рассмотрены возможности распараллеливания вычислений при обработке рецепторной матрицы, что особенно актуально при использовании современных многоядерных процессоров.

4. **ФГБОУВО «Оренбургский государственный университет».** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой летательных аппаратов, доктором технических наук, доцентом А.Д.Припадчевым и доцентом этой кафедры кандидатом технических наук А.А.Горбуновым.

К работе имеются следующие замечания.

1. По результатам анализа научно-исследовательских и опытно - конструкторских работ не указана глубина поиска во времени.

2. В основных результатах и выводах, возможно, следовало бы привести первыми те результаты, которые отражают научную и практическую новизну.

5. **Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук.** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан научным сотрудником кандидатом физ.-мат. наук Загордан Н.Л.

К работе имеются следующие замечание - не рассмотрены вопросы распараллеливания вычислений. Учитывая специфику разработанного диссертантом алгоритма и однородность вычислительных операций, именно использование многопроцессорных систем и адаптированного под него программного обеспечения позволило бы значительно поднять производительность вычислений.

6. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан кандидатом технических наук доцентом кафедры "Инженерная графика" И.В.Гордеевой.

В качестве замечания отмечено, что в автореферате нет данных о возможности использования полученных результатов исследования для проектирования земных гелиостанций, для которых также важна оценка влияния взаимного затенения гелиостатов на эффективность.

7. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет «ВолгаТех». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующей кафедрой "Начертательная геометрия и графика" кандидатом технических наук доцентом Т.А.Полушиной.

В качестве замечания отмечено, что в автореферате в автореферате не показана технология получения внутримашинных рецепторных моделей на основании исходной геометрической формы космических летательных аппаратов.

8. ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором кафедры "Инженерная и компьютерная графика" кандидатом технических наук доцентом А.Л.Хейфецом.

К работе имеются следующие замечания:

1. Автор отмечает, что системы расчета инсоляции разработаны лишь для архитектурно-строительных задач. Однако не показано, чем задача расчета инсоляции солнечных батарей КЛА существенно отличается от известных архитектурно-строительных задач. Достаточно панели батарей рассмотреть как стены зданий, затеняющие батареи и корпус самой КЛА как те же стены, расположенные перед расчетными панелями, и применить к ним известные проверенные компьютерные системы расчета инсоляции.

2. Для определения площади затенения Автор применил "воксельное" моделирование, что потребовало разработки им специальных программных средств. Однако известные компьютерные графические редакторы, в частности, АШоСАЭ, имеют штатные, доступные и высокоточные средства построения проекций любых сложных по форме объектов на поверхности любых других объектов и сред-

ства анализа этих проекций (площадь затенения). Проекция строится в любом направлении. Поскольку тень - это проекция, то повторно возникает вопрос о целесообразности разработки специальных средств, даже если расчет инсоляции для солнечных батарей имеет существенную специфику в сравнении с архитектурно-строительными задачами.

3. Автор указывает на сложность и большое количество параметров модели. Ссылается он и на ограниченные компьютерные ресурсы своего ноутбука. На этой основе он свел задачу оптимизации к определению экстремума функции лишь двух переменных. При этом не дана оценка влияния "отброшенных" параметров. Автором также отмечено, что единичный расчет составляет несколько секунд. В связи с этим не ясно, почему автор не применил известные методы поиска экстремума функции многих переменных, ведь даже десяти - или стократное увеличение продолжительности вычисления, возникающее при увеличении количества параметров, сегодня не является причиной для такого ограничения и возможно на доступной технике (на ноутбуках).

4. Из выводов работы не ясно, каковы же найденные оптимальные значения размещения солнечных батарей.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., 05.07.09
Маркин Леонид Владимирович	к.т.н.
Мельников Виталий Михайлович	д.т.н.
Локтев Михаил Александрович	к.т.н.
Куприков Михаил Юрьевич	д.т.н.
Падалко Сергей Николаевич	д.т.н., 05.13.18
Бобронников Владимир Тимофеевич	д.т.н., 05.13.01

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. На основании исследования физической, математической и геометрической постановки задачи размещения солнечных батарей КЛА и выбран и обоснован рецепторный метод геометрического моделирования задачи внешней компоновки солнечных антенн КЛА.

2. Разработаны рецепторные геометрические модели описания формы КЛА и солнечных батарей, позволяющих оценить степень затененности обитаемым модулем, так и другими солнечными батареями.

3. Разработаны алгоритмы оценки эффективной площади освещенности солнечных батарей КЛА при различных положениях источника света относительно КЛА;

4. Разработаны на языке C# программы реализации оценки эффективной площади освещенности солнечных батарей КЛА, включая графическую оболочку визуализации результатов расчета.

5. Разработаны методики и алгоритмы и программы оптимизации размещения конструктивных элементов КЛА для обеспечения максимально эффективного функционирования солнечных батарей, основанные на методе сужающейся окрестности.

Новизна полученных результатов заключается в разработке научно-методического обеспечения для повышения качества проектирования КЛА (снижение сроков проектирования, повышение энерговооруженности КЛА и снижение массы КЛА за счет увеличения плотности эффективно работающих солнечных батарей).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов исследований подтверждается корректным использованием математического аппарата вычислительной геометрии и компью-

терной графики, применением сертифицированных программных продуктов, тестированием разработанных геометрических моделей и созданного на их основе программного обеспечения на языке Microsoft C# как при решении тестовых задач с заведомо известным результатом, так и внедрение ее результатов при верификации проектных решений для конкретных образцов космических летательных аппаратов.

Результаты верификации разработанной математической модели и реализующего ее программного обеспечения показали, что точность расчетов по геометрической модели ожидаемо зависит от размера рецептора и при размере рецептора $5 \times 5 \times 5$ см погрешность вычислений эффективной площади солнечных батарей площадью 30 м^2 составляет $0,1 \text{ м}^2$, что соответствует $0,33\%$.

Проведенная в рамках верификации оценка необходимого процессорного времени показала, что оно зависит от размера рецепторов, но для диапазона их размеров от 20 до 1 см изменяется для реальных КЛА в диапазоне от 0,5 до 6,93 сек.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что в рамках данного диссертационного исследования разработаны:

1. Рецепторные геометрические модели внешней компоновки солнечных антенн КЛА, позволяющие оценить их степень затененности как другими объектами КЛА (например, жилыми модулями), так и другими солнечными антеннами.

2. Алгоритмы оценки эффективной площади освещенности солнечных батарей КЛА при различных положениях источника света относительно КЛА.

3. Программы на языке C# реализации оценки эффективной площади освещенности солнечных батарей КЛА, включая графическую оболочку визуализации результатов расчета.

4. Методики и алгоритмы и программы оптимизации размещения конструктивных элементов КЛА для обеспечения максимально эффективного функционирования солнечных батарей, основанные на методе сужающейся окрестности.

Результаты диссертационной работы были использованы в практике отработки конструкции КЛА в Научно техническом центре (НТЦ) "Элис" Нацио-

нального института авиационных технологий (НИАТ), а также в учебном процессе Московского авиационного института (национального исследовательского университета) в курсе для слушателей факультета повышения квалификации преподавателей (ФПКП) "Инженерное геометрическое моделирование как методологическая основа подготовки специалистов в высокотехнологичных областях промышленности"

Все результаты использования диссертационной работы подтверждаются соответствующими актами о внедрении, которые имеются в деле.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию для создания модулей автоматизированного проектирования и оценки эффективности проектных решений космических летательных аппаратов (КЛА) с солнечными батареями, а также гелиостанций на земле и космических поселениях

Диссертационная работа решает актуальную научно-техническую задачу разработки научно-методического обеспечения для повышения качества проектирования КЛА (снижение сроков проектирования, повышение энергооборуженности КЛА и снижение массы КЛА за счет увеличения плотности эффективно работающих солнечных батарей).

Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития ракетно-космической техники страны в ускорении и повышении качества автоматизированного проектирования КЛА, оценки эффективности и оптимизации размещения солнечных батарей на борту КЛА, на земле и космических поселениях.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

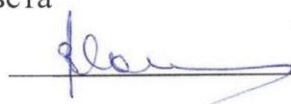
На заседании 15 марта 2018 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно – квалификацион-

ную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение присудить Куи Мин Хану ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 4 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против – 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

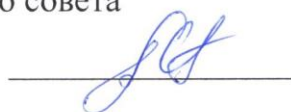
Д 212.125.12, д.т.н., профессор



В.В. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.



А.В. Старков