

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Мельникова В.М. на диссертацию Куи Мин Хана

на соискание ученой степени кандидата технических наук

на тему "Математическое и программное обеспечение расчета затененности солнечных батарей космических летательных аппаратов" по специальности 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"

Актуальность темы исследования.

Использование экологически чистого и неиссякаемого источника солнечной энергии в широком смысле является важнейшей народно-хозяйственной задачей. Логика развития человечества показывает, что в недалеком будущем основой энергообеспечения человечества станут космические солнечные электростанции (КСЭС), передающие энергию Солнца на Землю. В Японии уже принята и выполняется «Императорская программа» по их созданию. В настоящее же время задача расчета эффективной площади освещенности солнечных батарей (СБ) с учетом их взаимного затенения является актуальной при проектировании космических аппаратов (КА), в том числе оценки возможностей их энергообеспечения в космосе (например, в результате частичного их повреждения). Известен факт того, что при установленной мощности СБ в 249 кВт на МКС реальная мощность колеблется от 7 кВт до 168 кВт в зависимости от времени года и взаимного затенения СБ в реальной ориентации МКС, что сильно осложняет её эксплуатацию.

Проведение таких расчетов требует разработки специального методического, алгоритмического и программного обеспечения решения поставленной задачи. В силу этого тематика диссертационного исследования Куи Мин Хана, направленная на повышение качества проектирования КА, представляется чрезвычайно актуальной.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАН
ак. № 28-02-18

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность результатов диссертационного исследования Куи Мин Хана подтверждается корректным использованием математического аппарата вычислительной геометрии и компьютерной графики, применением сертифицированных программных продуктов, тестированием разработанных геометрических моделей и созданного на их основе программного обеспечения на языке Microsoft C# при решении тестовых задач с заведомо известным результатом. Помимо этого, результаты исследования внедрены в промышленность и учебный процесс МАИ, о чем в диссертации имеются соответствующие акты, а также достаточно широко опубликованы в научной литературе и доложены на научных конференциях.

Достоверность и новизна результатов исследования.

Научная новизна диссертации Куи Мин Хана сводится к выдвижению и обоснованию следующих научных положений:

1. На основании исследования задачи размещения солнечных батарей КА и выбран и обоснован рецепторный метод геометрического моделирования задачи внешней компоновки солнечных антенн КА как методологическая основа разработки соответствующего математического и программного обеспечения.

2. Разработаны рецепторные геометрические модели описания формы КА и солнечных батарей, позволяющих оценить степень их затененности другими солнечными батареями.

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

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

5. Разработаны методики, алгоритмы и программы оптимизации размещения конструктивных элементов КА для обеспечения максимально эффективного

функционирования солнечных батарей, основанные на методе сужающейся окрестности.

4. Практическая ценность полученных диссертантом результатов.

Результаты исследования диссертационной работы Куи Мин Хана использованы в практике отработки конструкции КА в НТЦ "Элис" Национального института авиационных технологий (НИАТ), а также в учебном процессе Московского авиационного института (национального исследовательского университета) в курсе для слушателей факультета повышения квалификации преподавателей.

Главной ценностью полученных диссертантом результатов является решение важной практической задачи - оценки результатов проектирования солнечных батарей КА. Не секрет, что желание увеличить энерговооруженность КА побуждает конструкторов увеличивать площадь солнечных батарей, что, в свою очередь, увеличивает массу и стоимость КА. Разработанное в рамках данной диссертации математическое и программное обеспечение позволяет конструктору найти то решение, при котором площадь солнечных батарей будет достаточной, но они еще не будут существенно затенять друг друга.

Дополнительной практической ценностью проведенного исследования Куи Мин Хана является возможность оптимизации уже выбранного конструкторского решения с использованием процедуры имитационного моделирования. Пример оптимизации конструктивных параметров солнечных батарей КА "Союз", описанный на стр. 61 диссертации, показывает возможность увеличения их незатененной площади до 4% при той же общей площади батарей.

5. Общая оценка содержание диссертации.

Диссертация Куи Мин Хана состоит из введения, 3-х разделов, заключения и выводов.

Во **введении** диссертации обоснована актуальность исследования, сформулированы цель, научная новизна и практическая ценность, а также положения, выносимые на защиту.

В разделе 1 проведено обоснование расчетной модели исходя из особенностей функционирования солнечных батарей на КА. Показано, что задача рационального размещения солнечных батарей сводится к задаче математического программирования. Приведен чрезвычайно подробный список подходов к решению подобных задач и обосновано использование метода геометрического моделирования как основы для решения поставленной задачи.

Раздел 2 посвящен выбору и обоснованию выбора уже самого метода геометрического моделирования, в качестве которого диссертант выбрал рецепторный (воксельный), практическая реализация которого стала возможной только с использованием мощных современных компьютеров.

В этом разделе изложена основная методология решения поставленной задачи с использованием рецепторных моделей.

В разделе 3 описана программная реализация на языке C# разработанных ранее алгоритмов оценки степени затененности солнечных батарей КА и графическая оболочка для визуализации результатов вычислений. Здесь же проведена верификация расчетной модели и оценка ее эффективности (по точности результатов, времени вычислений и т.п.). Показано, что разработанный диссертантом метод и реализующее его программное обеспечение работоспособно на современных персональных компьютерах даже средней мощности.

В заключение и выводах сформулированы основные положения, научные и практические результаты, полученные в ходе работы.

Диссертация Куи Мин Хана логично выстроена и написана хорошим литературным языком, содержит большое количество иллюстраций, удачно поясняющих суть излагаемого материала. Большое количество ссылок на труды предшественников и использование 289 литературных источников говорят о научной эрудиции и вдумчивом подходе диссертанта к решению поставленной задачи. Выводы о проделанной работе логичны, понятны и убедительны. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

То внимание к вопросам геометрического моделирования, которое им уделено в данной диссертации, совершенно оправдано, так как известно, что до 87%

процентов обрабатываемой в САПР информации является информацией именно геометрической. При этом сама рецепторная модель в процессе ее использования диссертантом значительно улучшена за счет использования в ней 4-х значной логики, что является серьезным достижением. Также серьезным научным достижением диссертанта является создание на основе этой модели программного комплекса с не только расчетными модулями, но и с модулями визуализации и оптимизации конструкторских решений. Все это позволяет оценивать диссертационное исследование Куи Мин Хана как выполненное на высоком научно-методическом уровне на актуальную тему и имеющее практическую ценность.

6. Замечания по диссертации

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.

Следует признать, что эти замечания носят характер пожелания по развитию данного направления исследований и не влияют на положительное восприятие диссертации Куи Мин Хана как законченного научного исследования, выполненного на актуальную тему и имеющего практическую ценность.

7. Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК РФ.

Подводя общий итог, необходимо заключить, что новые научные результаты, полученные диссертантом Куи Мин Ханом, имеют существенное значение для российской науки и практики в области создания математического и программного обеспечения для автоматизации проектирования КЛА. Сама диссертация является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей пунктам 1, 2, 3, 4, 5, 7 и 8 паспорта научной специальности 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ".

Автореферат отражает основное содержание диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Куи Мин Хан**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент Мельников Виталий Михайлович
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра автоматических космических систем и комплексов ФГУП ЦНИИмаш



(подпись)

/ В.М.Мельников /

(расшифровка подписи)

Подпись В.М.Мельникова удостоверяю

Главный учёный секретарь ФГУП ЦНИИмаш

доктор технических наук, профессор



Ю.Н.Смагин

Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный научно-исследовательский институт машиностроения" (ФГУП ЦНИИмаш).

141070, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, д. 4

Тел. 8 (495) 513-59-51. E-mail: corp@tsniimash.ru