

ОТЗЫВ

научного руководителя кандидата технических наук, доцента

Моисеева Дмитрия Викторовича

на диссертационную работу **Чинь Ван Минь** на тему «**Планирование маршрута полета легкого беспилотного летательного аппарата с учетом действия ветра**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.13.01** – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Чинь Ван Минь в 2011 году окончил с отличием Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана». С 2014 года является аспирантом кафедры 604 «Системный анализ и управление». За период обучения в аспирантуре Чинь В.М. подготовил диссертацию на тему: «Планирование маршрута полета легкого беспилотного летательного аппарата с учетом действия ветра», прослушал курс дисциплин, предусмотренных учебным планом, сдал экзамены кандидатского минимума, подготовил двенадцать публикаций по теме диссертации, из них четыре в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

В ходе работы над диссертацией Чинь Ван Минь продемонстрировал глубокие знания методов исследования операций и свободное владение современными компьютерными технологиями. Кроме того, соискатель продемонстрировал хорошие навыки работы с научно-технической литературой как на русском, так и английском языках.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что решение задачи предполетной маршрутизации является важным этапом подготовки полета беспилотных летательных аппаратов, непосредственно влияющим на эффективность их целевого применения. Кроме того, разработка алгоритмов предполетной маршрутизации играет существенную роль в повышении уровня автоматизации управления целевым функционированием БПЛА, ведущего, в конечном итоге, к повышению надежности беспилотных комплексов за счет уменьшения влияния «человеческого фактора».

Таким образом, диссертационная работа посвящена решению актуальной технической задачи разработки методик априорного оптимального

планирования маршрута полета легкого БПЛА с учетом ограничений, обусловленных техническими характеристиками аппарата, при наличии ветра в зоне полета.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Показано, что разомкнутые наискорейшие маршруты облета заданных точек не обладают свойствами, присущими замкнутым маршрутам. В частности, для разомкнутых наискорейших маршрутов в отличие от замкнутых может наблюдаться эффект уменьшения времени полета по наискорейшему маршруту с ростом скорости ветра.

2. Предложен единый подход к математической формализации различных постановок задач планирования оптимального маршрута полета легкого БПЛА на основе аппарата булева линейного программирования с последующим использованием при получении решения эффективной в вычислительном плане процедуры итеративного исключения «подциклов».

3. Предложен и решен ряд новых постановок задач планирования маршрутов полета легких БПЛА, предусматривающих использование разомкнутых маршрутов полета с возможностью выбора точки старта и (или) финиша.

4. Предложена методика, позволяющая с учетом действия ветра в зоне полета находить множество маршрутов легкого БПЛА, каждый из которых связывает максимально возможное количество известным образом расположенных равноценных точек, с учетом ограничения на продолжительность полета, а также принадлежащий этому множеству наискорейший маршрут. Методика предусматривает последовательное решение двух определенным образом составленных, связанных между собой задач булева линейного программирования.

5. Предложена методика, позволяющая с учетом действия ветра в зоне полета находить множество маршрутов легкого БПЛА, каждый из которых с учетом ограничения на продолжительность полета связывает такое подмножество известным образом расположенных неравноценных точек, что эффект от их включения в маршрут является максимальным. Методика также предусматривает сужение найденного множества оптимальных решений путем нахождения парето-оптимального множества маршрутов. При этом в качестве

дополнительных показателей эффективности используется фактическое время полета по маршруту и количество точек в него входящих.

6. Проведен анализ нескольких разработанных автором вариантов программно-алгоритмического обеспечения оптимальной маршрутизации полета легкого беспилотного летательного аппарата в поле постоянного ветра. На основе анализа полученных оценок быстродействия, требующегося объема оперативной памяти и предельных размеров устойчиво решаемых задач было продемонстрировано преимущество программно-алгоритмического обеспечения, в котором используются процедура последовательного исключения подциклов и функция `crlexbilr` пакета CPLEX.

7. Предложены принципы построения, а также соответствующий им программный комплекс решения задач планирования полета легких БПЛА. Особенностью разработанного прикладного программного обеспечения является его открытая архитектура, а также наличие быстродействующего программного ядра, использующего функцию `crlexbilr` пакета CPLEX, и специализированного периферийного программного обеспечения, обеспечивающего работу ядра.

Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту.

1. Методика математической формализации и решения задачи планирования маршрута полета легкого БПЛА с использованием эффективной в вычислительном плане процедуры итеративного исключения «подциклов».

2. Методика нахождения маршрута облета максимального количества равноценных точек за минимальное время, не превосходящее допустимое, с учетом воздействия на БПЛА постоянного ветрового поля.

3. Методика нахождения множества маршрутов облета неравноценных точек с учетом ограничения на время полета и воздействия на БПЛА постоянного ветрового поля, а также его сужения с использованием дополнительных показателей эффективности.

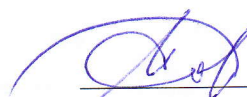
4. Программный комплекс планирования маршрута полета легких БПЛА, имеющий открытую архитектуру и оснащенный дружественным графическим интерфейсом.

Результаты, полученные в диссертационной работе, имеют практическую значимость и могут быть востребованы как при эксплуатации легких БПЛА, так и при создании перспективных образцов таких аппаратов. На основе

материалов диссертационной работы было подготовлено учебно-методическое пособие «Оптимальная маршрутизация полета легких беспилотных ЛА: Методические разработки для проведения групповых практических занятий магистров по дисциплине «Научный семинар по динамике полета и управлению аэрокосмическими системами». - М.: Кафедра 604 МАИ, 2017. Данное пособие используется на кафедре 604 «Системный анализ и управление» МАИ для обучения магистров по программе «Динамика полета и управление аэрокосмическими системами» в рамках направления 24.04.03 «Баллистика и гидроаэродинамика».

Диссертационная работа Чинь Ван Минь является завершенным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника).

Доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры 604 «Системный анализ
и управление» ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»



Моисеев Д.В.

Подпись Моисеева Д.В. заверяю,
декан факультета № 6



Тушавина О.В.