



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

Россия, 125319, Москва, ул. Викторенко, 7
Тел.: (499) 157-70-47
Факс: (499) 943-86-05

Дата _____ г. Исх. № _____

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС»
д.т.н., профессор, академик РАН
_____ Желтов

« »



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Казанина Дмитрия Константиновича

«Методы и алгоритмы управления группой беспилотных летательных аппаратов при формировании строя»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и промышленности)» (технические науки)

Актуальность темы исследования

Работа Казанина Д.К. посвящена разработке методов и алгоритмов формирования строя беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и их защиты от взаимных столкновений, а также коррекции инерциальных оценок координат при формировании строя упрощенных моделей БПЛА.

В последнее время многие исследователи уделяют большое внимание вопросам управления мультиагентными системами. Мультиагентная система – это система, состоящая из большого числа компонентов (объектов управления), целью которых является достижение некоторого совместного (кооперативного) взаимодействия. Особое место занимает задача формирования строя подвижных объектов. Как правило, при решении этой

задачи не рассматриваются возможные столкновения объектов управления между собой, погрешности измерения датчиков не учитываются, а моделирование разработанных методов и алгоритмов проводится в рамках простых линейных моделей агентов.

Объём и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав и заключения. Работа представлена на 77 страницах, содержит 42 иллюстрации и 6 таблиц. Библиография включает 71 наименование.

Цель диссертационной работы состоит в разработке методов и алгоритмов формирования строя группы БПЛА с защитой от их возможных взаимных столкновений и коррекции инерциальных оценок координат.

Объект исследования – группа беспилотных летательных аппаратов.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы управления группой БПЛА в процессе формирования строя БПЛА с защитой от взаимных столкновений и коррекции инерциальных оценок координат.

Научная новизна работы

1. Решена задача формирования строя группы БПЛА с защитой от взаимных столкновений. Ранее эти задачи решались либо как независимые, либо задача защиты от столкновений вообще не рассматривалась.

2. Предложены методы коррекции инерциальных оценок координат при управлении группой БПЛА в виде материальных точек на плоскости.

3. Задача защиты от столкновений БПЛА между собой в процессе формирования строя решена на основе известного метода искусственного потенциального поля, отличающегося новой формой поля, адекватной поставленной задаче.

Теоретическая значимость результатов работы

Автором решена задача формирования строя с защитой от взаимных столкновений в рамках полной нелинейной модели объектов управления.

Задача защиты от взаимных столкновений решена в рамках модификации подхода, предложенного в работе Namerikawa T. и Kuriki Y., опубликованной в 2014г. В этой работе подход состоял в применении метода искусственного потенциального поля для систем квадрокоптеров, для одного высотного канала с цилиндрической областью безопасности. В данной работе, в отличие от упомянутой, вводится сферическая область безопасности и задача решается для всех трех каналов управления, поскольку учитывается возможность столкновения по всем трем пространственным координатам.

Практическая значимость результатов работы

Диссертационная работа содержит новые научные и практические результаты. Казанин Д.К. разработал методы и алгоритмы, позволяющие в рамках полных моделей беспилотных летательных аппаратов формировать строй объектов управления необходимой конфигурации с защитой объектов от взаимных столкновений.

Предложенные алгоритмы могут найти своё применение для решения задач наведения группы БПЛА на заданную цель, а также задач промышленного и экологического мониторинга (разведка месторождений полезных ископаемых, поиск пострадавших и т.п.).

Рекомендации по внедрению результатов работы

Результаты диссертационной работы рекомендованы к внедрению на предприятиях, решающих вопросы, связанные с чрезвычайными ситуациями, вопросы промышленного и экологического мониторинга местности.

Теоретические и прикладные результаты диссертационной работы внедрены в работу ПАО Арзамасское научно-производственное предприятие «Темп-Авиа» и применяются для решения задач управления строем группы БПЛА.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечены корректным использованием математического аппарата и результатами численного моделирования.

Положительные стороны диссертационной работы

1. На основе разработанного частного алгоритма слежения за виртуальным лидером и алгоритма защиты агентов от взаимных столкновений решена задача формирования строя в рамках полных моделей БПЛА.

2. Решена задача защиты от столкновений БПЛА в процессе формирования строя на основе развития метода искусственного потенциального поля

3. Работоспособность предложенного метода предотвращения столкновений подтверждена результатами моделирования в рамках полных нелинейных моделей объектов.

4. Рассмотрены и реализованы методы коррекции инерциальных оценок координат при управлении группой упрощённых моделей БПЛА.

5. В результате моделирования методов коррекции инерциальных оценок координат наблюдается возможность компенсации ошибок задания местоположения и скорости, а также формирования строя группы объектов по измерениям дальностей между объектами и скорости их движения.

Замечания по работе

1. Автор определил строй как состояние системы, при котором минимизируются невязки координат каждого объекта с заданными координатами опорного объекта ($|x_i - x| \rightarrow \min$), а дальности между любыми парами объектов не меньше заданного значения ($D_{ij} \geq D_{\min}$) (с. 33 диссертации).

Однако при синтезе частного алгоритма слежения за виртуальным лидером в процессе формирования строя БПЛА автор решает задачу построения группы относительно виртуального лидера на плоскости.

2. Динамическую модель агента (с. 15 диссертации) автор представляет как уравнения движения объекта вокруг центра масс. Целесообразно внести в описание модели уравнения движения центра масс объекта.

3. Излишнее внимание уделено автором описанию систем стабилизации объектов, не определяющих в постановке содержательность полученных решений.

4. Недостаточно полно представлена система синтеза управления в канале тяги (с. 19-21 диссертации).

5. В системе моделирования группового полета присутствуют модель эталонной информации и система конечного наведения. Эти устройства автором не раскрыты и для решения поставленных задач не нужны (с. 22 диссертации).

6. Автор не уделил должного внимания системе обмена данными в группе.

Вместе с тем без данной системы решение задач коррекции координат (с. 32 диссертации) и предотвращения столкновений (с. 50 диссертации) в постановке автора невозможно.

7. Представляет интерес управление объектами и формирование строя (с. 36 диссертации) реализовать в трехмерном пространстве, в частности, при решении задачи предотвращения столкновений (с. 53 диссертации).

8. Недостаточен объем обоснования несостоятельности градиентного метода при решении задач оценки параметров строя (с. 39 диссертации).

9. При синтезе алгоритма с центральным наблюдателем (с. 41 диссертации) целесообразно акцентировать внимание на реализации алгоритмов наблюдателя в вычислителях виртуального лидера группы, тогда как реализация алгоритмов распределенного наблюдателя (с. 45 диссертации) целесообразна в вычислительных системах объектов группы. При этом необходимо подробнее рассмотреть способы и объем передачи информации между объектами группы в обоих случаях.

10. Практический и теоретический интерес вызывает постановка и решение задачи защиты агентов от взаимных столкновений в процессе формирования строя с использованием метода потенциального поля (с. 48-64 диссертации).

Автору следует подчеркнуть, что выбор коэффициентов K_x и K_z необходимо осуществлять методами моделирования с учетом динамики объектов управления и реализуемых группой параметров строя.

Выявленные замечания не снижают научную и практическую ценность работы и не влияют на её положительную оценку.

Заключение

Диссертационная работа Казанина Д.К. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи коррекции инерциальных оценок координат и формирования строя БПЛА с защитой от взаимных столкновений. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Основное содержание диссертационной работы отражено в 9 публикациях, в том числе 3 представлены в научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Результаты работы показывают, что диссертант обладает

теоретическими знаниями и практическими навыками в решении сложных научных и инженерных задач.

Ведущая организация «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» считает, что представленная к защите диссертационная работа, в которой решена актуальная научно-техническая проблема – разработка методов и алгоритмов формирования строя БПЛА с возможностью защиты от взаимных столкновений и коррекции инерциальных оценок координат – удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Казанин Дмитрий Константинович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и промышленности)» (технические науки).

Государственный научный центр Российской Федерации федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем». 125319, г. Москва, ул. Викторенко, д. 7, Тел.: +7 (499) 157-70-47. E-mail: info@gosniias.ru. Сайт: <http://www.gosniias.ru>.

Автореферат и диссертация рассмотрены на заседании секции НТС подразделения 0500, протокол № 8/1 от 5 октября 2017 г.

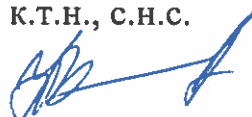
Заместитель начальника подразделения, д.т.н., профессор

Инсаров Вильям Викторович



Заместитель генерального директора, к.т.н., с.н.с.

Кислицын Юрий Дмитриевич



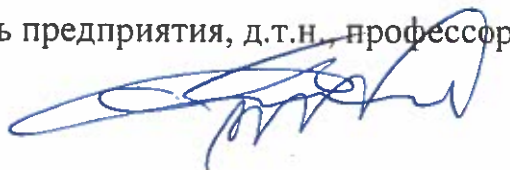
Начальник лаборатории, к.т.н., с.н.с.

Витлин Леонид Владимирович



Подписи Инсарова В.В., Кислицына Ю.Д., Витлина Л.В. заверяю.

Ученый секретарь предприятия, д.т.н., профессор



С.М. Мужичек