

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Легкоступа Виктора Валерьевича

«Управление подвижным объектом по данным разностно-дальномерной навигационной системы при неполном объеме измерений»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)

1. Соответствие содержания диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Содержание диссертационной работы Легкоступа Виктора Валерьевича полностью соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации в области технических наук в следующих пунктах:

- методы общей теории систем, математического описания, моделирования, оптимизации, обработки результатов испытаний систем управления и обработки информации, систем поддержки принятия решений, а также их функциональных узлов и устройств;
- формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;
- методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем;
- проблемно-ориентированные системы управления, принятия решений и оптимизации технических объектов.

2. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Легкоступа Виктора Валерьевича посвящена решению задачи управления динамическими объектами (в частности, беспилотными летательными аппаратами) по неполным и неточным навигационным данным. Неполнота измерений обусловлена недостаточным количеством навигационных позиций, с помощью которых однозначно определяется местоположение управляемого подвижного объекта на основе разностно-дальномерных измерений. В свою очередь, неточность данных характеризуется ошибками измерений навигационных параметров. Целью диссертационного исследования является повышение качества автономного управления подвижным беспилотным объектом в условиях помех и при недостаточном для однозначного определения координат объекта количестве навигационных позиций.

Современные достижения в области позиционирования, синхронизации и обработки информации создают предпосылки для создания автоматических систем управления подвижными беспилотными объектами, предназначенными для высокоточной доставки полезных грузов в заданную

точку в околоземном пространстве или на поверхности Земли. Спектр практического применения такого рода систем обширен: доставка почты, оборудования и продовольствия в недоступные обычному транспорту точки для всевозможных экспедиций и населения; уничтожение путем бомбардировки ледяных заторов на реках во время ледохода; тушение пожаров и многое другое. Решение задачи доставки полезного груза с высокой точностью в заданную точку совпадает с традиционными задачами военной авиации – поражение объектов противника управляемыми ракетами и планируемыми (корректируемыми) бомбами. Именно такого рода задачи определяют понятие высокоточного оружия.

Несмотря на обширную область практического применения и новизну научно-технических задач, количество доступных публикаций в данной области невелико. В русскоязычной научной литературе известна лишь одна монография под редакцией М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова «Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий», в которой изложены основные подходы, методы и алгоритмы формирования облика интегрированных систем навигации и управления беспилотных маневренных аппаратов различного класса. В этой работе задача управления беспилотным объектом решается при условии достаточного и даже избыточного объема навигационных измерений для однозначного определения его положения и ориентации в пространстве. Однако значительный научный и прикладной интерес представляет управление и наведение беспилотного объекта при неполной навигационной информированности. Именно в такой постановке решается задача в рассматриваемой диссертационной работе.

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту

В данной работе получены новые научные результаты, имеющие существенную прикладную значимость:

1. разработаны математические модели кинематической связи системы наведения, отличающиеся применением эллиптической системы координат, что обеспечивает функционирование контура наведения подвижного объекта по сигналу рассогласования, пропорциональному разности двух разностно-дальномерных навигационных параметров, соответствующих местоположению точки цели и управляемого объекта;

2. разработана математическая модель устройства оценивания суммарной дальности до двух навигационных позиций по измерениям разности дальностей до них, доплеровских смещений частот навигационных сигналов и собственной скорости движения управляемого объекта, с помощью которой (оценки) достигается компенсация динамической ошибки контура управления объектом и стабилизация его коэффициента усиления;

3. разработана методика синтеза системы управления беспилотным летательным аппаратом, основанная на теории аналитического конструирования агрегированного регулятора (АКАР), отличающаяся тем,

что команда управления в системе формируется по навигационной разностно-дальномерной информации с применением уравнений кинематики в эллиптической системе координат, что позволяет получить квазиоптимальный нелинейный закон управления при уменьшенном количестве навигационных позиций за счет выбора специальной кинематической траектории наведения;

4. разработана методика синтеза системы управления беспилотным летательным аппаратом, основанная на теории аналитического конструирования оптимального регулятора (АКОР), отличающаяся тем, что при формировании команды управления беспилотным объектом используются линеаризованные уравнения кинематического звена в эллиптической системе координат, что позволяет упростить структуру и алгоритмы системы наведения.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Теоретические выкладки и основанные на них расчеты проделаны корректно. Диссертантом освоены и умело применяются современные методы исследования (анализа, синтеза, конструирования) автоматических систем управления. Работоспособность разработанных систем наведения и их повышенные по сравнению с известными аналогами характеристики подтверждены путем проведения достаточно детальных статистических испытаний на имитационной модели контура управления беспилотного летательного аппарата ракетного типа. Результаты статистических испытаний полностью подтвердили теоретические выводы о преимуществе предложенных методов наведения беспилотных управляемых объектов в заданную точку пространства.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертационной работы заключается в использовании нового способа формирования сигнала ошибки контура управления подвижным объектом в виде разности двух разностно-дальномерных навигационных параметров, а также в разработке методики получения кинематической связи параметров движения объекта в эллиптической системе координат, что в совокупности позволило получить контур управления объектом, использующий на одну меньшее количество навигационных позиций для решения задачи наведения объекта на цель.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в реализации алгоритмов управления подвижным объектом с использованием разностно-дальномерной информации при отсутствии навигационного сигнала от одной из позиций в соответствии с предложенным соискателем подходом. Имеются два акта внедрения.

Экономическая и социальная значимость результатов диссертации заключается в потенциальном снижении стоимости навигационных систем, используемых для навигации объектов в соответствии с приведенным в диссертации способом, поскольку становится возможным уменьшить требуемое количество навигационных позиций и повысить надежность функционирования систем навигации подвижных объектов, снижая риски, связанные с доставкой полезных грузов в требуемую точку.

Полученные Легкоступом Виктором Валерьевичем теоретические результаты могут быть применены для создания высокоэффективных систем наведения беспилотных летательных аппаратов (а также объектов иного вида), обеспечивающих доставку полезного груза в заданную точку околоземного пространства. Такого рода системы находят все более широкое применение в различных областях экономики, а также в оборонном секторе (высокоточные боеприпасы).

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 научной работе, в том числе имеется 11 научных статей в рецензируемых журналах, включенных ВАК Республики Беларусь в перечень ведущих периодических изданий, 4 статьи в сборниках материалов научных конференций, 6 статей в сборниках тезисов докладов научных конференций. Таким образом, научная общественность в достаточной степени информирована о результатах диссертационных исследований Легкоступа Виктора Валерьевича. Представлены два акта о практическом использовании результатов.

Автореферат и публикации диссертанта в полной мере отражают содержание и результаты, полученные в диссертационной работе.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь. Результаты в диссертационной работе изложены логически стройно, снабжены достаточным количеством иллюстраций. Аналитические преобразования выполнены корректно, допущения и упрощения обоснованы, их последовательность и необходимость соответствующим образом поясняется.

Уровень решенных задач и полученные при этом научные выводы и прикладные результаты полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

8. Замечания по диссертации

Относительно содержания диссертации можно сделать ряд замечаний.

1. Постановка задачи и пояснения к ней в первой главе выполнены формально, «на качественном уровне». Такой подход допустим, когда

диссертант начинает работу по теме, но вряд ли целесообразен в ее завершающей стадии. Текст диссертация ориентирован на специалистов, и в этом случае требуется более строгая и точная постановка общей и частных задач, решаемых в работе. Большой смысл имел бы обзор примеров реализации подобного рода систем (хотя бы в рамках тех, что перечислены в упомянутой выше книге), особенностей применяемых в них беспилотных объектов (средств доставки полезных грузов).

2. Обзор методов синтеза систем управления (п. 1.2.3 первой главы) выполнен поверхностно. Не все из перечисленных в этом пункте методы актуальны в век цифровых технологий (например, корневые и частотные методы). Относительно применяемых функционалов качества, отметим, что из поля зрения диссертанта выпали ситуации, требующие «мягкого» (с нулевой скоростью) выхода беспилотного объекта в целевую точку, например точку посадки.

3. В тексте диссертации встречаются «корявые» формулировки и неопределенные понятия. Например, «вырабатываемые объектом ускорения» (стр.19), «траектория такого метода является наиболее прямой» (стр.32) и т.п.

Указанные замечания портят общее впечатление от прочтения работы, но не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации В.В. Легкоступа.

9. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует

Анализ диссертационной работы показывает, что присущая ей научная новизна, практическая и экономическая значимость полученных результатов, а также их освещение в научной печати позволяют сделать вывод о высокой научной квалификации соискателя, соответствующей ученой степени кандидата технических наук.

10. Заключение

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа Легкоступа Виктора Валерьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится решение задачи структурно-параметрического синтеза системы наведения беспилотного объекта в заданную точку пространства на основе неполных навигационных данных, получаемых в условиях помех.

Диссертация работа «Управление подвижным объектом по данным разностно-дальномерной навигационной системы при неполном объеме измерений» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, а ее автор Легкоступ Виктор Валерьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации за следующие полученные им новые научные результаты:

- методику синтеза системы управления объектом методом аналитического конструирования агрегированного регулятора, отличающуюся формированием команд управления на основе разностей временных задержек сигналов разностно-дальномерной радионавигационной системы (РДРНС) для объекта и цели с использованием нелинейных уравнений кинематики объекта, выраженных в эллиптической системе координат, позволяющую синтезировать нелинейный контур управления объектом по информации от двухпозиционной РДРНС на плоскости при уменьшенном числе навигационных позиций (с трех до двух) за счет реализации кинематической траектории объекта в виде гиперболы;

- методику синтеза системы управления методом аналитического конструирования оптимального регулятора, отличающуюся формированием команд управления на основе разностей временных задержек сигналов РДРНС для объекта и цели с использованием линеаризованных уравнений кинематики объекта, выраженных в эллиптической системе координат, позволяющую синтезировать линейный контур управления объектом по информации от двухпозиционной РДРНС на плоскости при уменьшенном числе навигационных позиций (с трех до двух) за счет реализации кинематической траектории в виде гиперболы;

- математическую модель устройства измерения суммарной дальности до объекта в двухпозиционной РДРНС, отличающуюся способом формирования оценок, основанным на измерении доплеровских смещений частот навигационных сигналов, а также разностно-дальномерного параметра местоположения объекта, позволяющую оценить местоположение объекта при его движении вдоль гиперболы положения вблизи базы РДРНС.

Официальный оппонент
главный научный сотрудник службы
фундаментальных и прикладных исследований
ОАО «КБ Радар» – управляющая компания
холдинга «Системы радиолокации»
доктор технических наук, профессор

Л.Н. Марков

27.08.2023

Я, Марков Лев Николаевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Легкоступа Виктора Валерьевича.

Л.Н. Марков

