

ОТЗЫВ

официального оппонента Солонара Андрея Сергеевича,
кандидата технических наук, доцента,
профессора кафедры автоматике, радиолокации и приемо-передающих устройств
учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»
на диссертационную работу Легкоступа Виктора Валерьевича
**«Управление подвижным объектом по данным разностно-дальномерной
навигационной системы при неполном объеме измерений»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации»

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки

Диссертационная работа Легкоступа Виктора Валерьевича соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» в области технических наук:

- 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 (пункт 1);
- методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (пункт 4);
- методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем (пункт 7);
- проблемно-ориентированные системы управления, принятия решений и оптимизации технических объектов (пункт 10).

2. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационной работы связана с развитием и внедрением в различные области жизнедеятельности человека наземных и воздушных беспилотных транспортных средств. Главными тенденциями в данной области являются: стремление к повышению точности позиционирования на местности; повышению надежности выполнения задач; продлению времени безаварийной полета; и др.

Для высокоточной навигации беспилотные летательные аппараты (БЛА) используют наземные и спутниковые навигационные системы, относящиеся в целом к классу разностно-дальномерных. К преимуществам таких систем относятся: неограниченная пропускная способность, глобальная зона покрытия поверхности земли, относительно высокая точность навигации. К недостаткам этих систем можно отнести: относительно низкую помехозащищенность, особенно вблизи поверхности Земли, где присутствует множественная

интерференция навигационного сигнала; низкую устойчивость к преднамеренным имитационным помехам. Не обязательно блокировать сигналы всех навигационных точек – достаточно того, чтобы количество различных принимаемых сигналов не превосходило двух для навигации на плоскости и трех для навигации в пространстве.

Результаты работы направлены на повышение надежности решения навигационных задач применительно к беспилотным транспортным средствам, позволяя им осуществлять движение к цели с высокой точностью при потере сигнала от одной навигационной позиции разностно-дальномерной навигационной радиотехнической системы.

Таким образом, приведенные в диссертационной работе исследования выполнены на актуальную тему.

3. Степень новизны результатов и научных положений

В соответствии с целью и основными задачами исследования соискателем получены научные и практические результаты, наиболее важными из которых заключаются в следующем.

1. Разработаны математические модели кинематической связи разностно-дальномерных координат объекта с его декартовыми координатами с использованием эллиптической системы координат, что позволяет реализовать контур управления объектом на основе сигнала рассогласования по разностно-дальномерным навигационным параметрам объекта и точки цели.

2. Сформирована методика синтеза системы управления объектом методом аналитического конструирования агрегированного регулятора (АКАР), использующая для выработки команд управления сигнал рассогласования по информации от разностно-дальномерной радионавигационной системы (РДРНС) с применением полных уравнений кинематики объекта в эллиптической системе координат.

3. Сформирована методика синтеза системы управления методом аналитического конструирования оптимального регулятора (АКОР) в постановке Лётова-Калмана, использующая для выработки команд управления сигнал рассогласования по информации от РДРНС с применением линеаризованных уравнений кинематики объекта в эллиптической системе координат.

4. Определена математическая модель и дано статистическое описание устройства оценивания суммарной дальности до двух навигационных позиций на основе измерений разностно-дальномерной информации и доплеровских смещений частот навигационных сигналов, а также собственной скорости движения объекта.

5. Получена структура устройства проектирования требуемых ускорений, позволяющего разомкнуть перекрестную положительную обратную связь каналов управления в вертикальной и наклонной плоскостях объекта

управления при выработке команд управления на основе рассогласований по разностно-дальномерной информации.

4. Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций

Полученные в работе научные результаты достоверны, обоснованы, выводы аргументированы, вытекают из содержания проведенных исследований и отражают научные положения, представленные в диссертации. Результаты, выводы и рекомендации основаны на математических моделях и подтверждены компьютерным моделированием с использованием проверенных методик обработки данных.

5. Научная, практическая и экономическая значимость результатов и основных научных положений диссертации

Научная значимость результатов диссертации заключается в разработке новой методики, позволяющей сформировать контур управления объектом, работающим по сигналу ошибки в виде разностно-дальномерной информации, а также в новом методе косвенного измерения суммарно-дальномерной информации при движении объекта вдоль гиперболы положения на основании измерений доплеровских смещений частоты навигационных сигналов и собственной скорости движения объекта.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности реализации полученной соискателем системы управлений в бортовом оборудовании беспилотного транспортного средства с целью обеспечения его устойчивого движения к целевой точке при потере сигнала от одной из навигационных позиций, что в целом способно повысить надежность решения практических задач.

Экономическая значимость определяется главным образом возможностью реализовать систему, позволяющую наводить объект в заданную точку с использованием меньшего количества навигационных позиций, что, соответственно, потенциально способно снизить результирующую стоимость системы. Так же, результаты диссертации могут быть использованы для реализации аварийного метода наведения объекта для случая потери сигнала от одной из навигационных позиций, что позволит повысить надежность доставки объектом груза в заданную точку.

Социальная значимость заключается в том, что предлагаемые соискателем новые знания имеют общественно полезное значение, поскольку связаны с повышением надежности и эффективности функционирования существующих и вновь разрабатываемых беспилотных систем.

6. Полнота опубликования основных положений и результатов диссертации

Изложенные в диссертационной работе результаты исследований и положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в научной печати. Опубликовано 21 научная работа, из которых 11 статей – в рецензируемых журналах в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь, 4 статьи и 6 тезисов докладов – в сборниках материалов научных конференций.

Опубликованные соискателем материалы и его личный вклад достаточно полно отражают научные и практические результаты диссертации.

В автореферате полностью раскрыто основное содержание и отражены основные положения диссертации. Автореферат соответствует требованиям ВАК РБ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа выполнена на хорошем научном уровне, написана и оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка и приложений. Объем диссертации – 189 страниц.

Следует отметить хорошую логическую связь всех разделов диссертации, четкость формулировок научных положений и выводов диссертации, соответствие оформления работы требованиям ВАК.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

На основании анализа содержания диссертации, используемых методов исследования и интерпретации полученных результатов можно сделать вывод, что научная квалификация Легкоступа Виктора Валерьевича соответствует ученой степени кандидата технических наук.

9. Замечания

Не смотря на высокий уровень проделанных исследований возник ряд замечаний:

– Математическая модель измерителя суммарной дальности с использованием доплеровских смещений частоты предусматривает ряд ограничений на рабочую зону РДРНС с 2-мя навигационными пунктами. При влиянии на ее форму и размер коэффициентов вариаций δV_0 и δV_1 не рассмотрен.

– Математическую модель измерителя оценки суммарной дальности на основе интегрирования доплеровских смещений частоты в работе предлагается использовать вместо модели с использованием доплеровских смещений частоты

после того как объект навигации пересечет линию базы двух навигационных пунктов. Подходы к обнаружению факта пересечения линии базы и характеристики подобного обнаружителя не исследованы.

– В приведенных структурных схемах систем управления объектом, синтезированных методами аналитического конструирования агрегированного регулятора и аналитического конструирования оптимального регулятора, не представлен способ сочетания моделей измерителя суммарной дальности для случаев расположения объекта навигации до линии базы и после ее пересечения.

– Необходимость сочетания моделей измерителя суммарной дальности для случаев расположения объекта навигации до линии базы и после ее пересечения приведена без строгих доказательств. Из приведенных в диссертации выражений следует, что метод измерения суммарной дальности на основе интегрирования доплеровских смещений частоты можно применять и до пересечения линии базы.

Указанные замечания не затрагивают основных результатов, положений и выводов диссертации и не могут повлиять на ее положительную оценку.

10. Заключение

Диссертация Легкоступа Виктора Валерьевича «Управление подвижным объектом по данным разностно-дальномерной навигационной системы при неполном объеме измерений» является квалификационной научной работой, подготовленной под научным руководством кандидата технических наук, В.Э. Маркевича. Содержание диссертационной работы соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации в области технических наук, по которой она представлена к защите.

Легкоступ Виктор Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за следующие новые научные результаты по обработке изображений, заключающиеся в разработке:

– методику синтеза системы управления объектом методом аналитического конструирования агрегированного регулятора, *отличающейся* формированием команд управления на основе разностей временных задержек сигналов РДРНС для объекта и цели с использованием нелинейных уравнений кинематики объекта, выраженных в эллиптической системе координат, *позволяющей* 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, *отличающейся* 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, *позволяющей* 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, *отличающегося* способом формирования оценок, основанным на измерении доплеровских смещений частот навигационных сигналов, а также разностно-дальномерного параметра местоположения объекта, *позволяющего* оценить местоположение объекта при его движении вдоль гиперболы положения вблизи базы РДРНС.

Совокупность данных результатов позволила соискателю решить актуальную научную задачу.

Профессор кафедры
автоматики, радиолокации
и приемо-передающих устройств
учреждения образования
«Военная академия Республики Беларусь»,
кандидат технических наук, доцент

04.08.2023

А.С. Солоняр

Я, Солоняр Андрей Сергеевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Легкоступа Виктора Валерьевича.

А.С. Солоняр

Подпись Солоняра Андрея Сергеевича заверяю.

Исполняющий обязанности
начальника отдела кадров
учреждения образования
«Военная академия
Республики Беларусь»
подполковник

04.08.2023



В.В.Корниенко

Озниколлен

25.08.2023

Легкоступ В.В.

