

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шумского Андрея Николаевича «Управление ориентацией беспилотного летательного аппарата на основе применения нечетких регуляторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

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

Диссертационная работа, выполненная Шумским А.Н. на тему «Управление ориентацией беспилотного летательного аппарата на основе применения нечетких регуляторов», соответствует отрасли технических наук и специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» по пункту 2 «Методы идентификации, моделирования и построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), управления производствами (АСУП), технологической подготовки производства (АСТПП), включая их информационное, техническое, алгоритмическое, программное, лингвистическое и другое обеспечение, в том числе специализированные экспертные и диалоговые системы, банки и базы данных технологических процессов и производств» раздела III паспорта специальности.

2. Актуальность темы диссертации.

Интенсивное развитие роботизированных мобильных систем ставит всё новые задачи их анализа, синтеза и эффективного применения. Беспилотные летательные аппараты (БЛА) находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности как в народном хозяйстве, так и в специальных областях применения, например – в военной сфере.

БЛА относятся к сложным техническим устройствам, обладающим элементами искусственного интеллекта. Появляются всё более разнообразные конструктивные решения при создании БЛА, новые задачи их применения, пути решения этих задач.

При создании БЛА различного назначения в ряде случаев для снижения стоимости изделия при обеспечении выполнения соответствующих требований по эффективности и надежности применяются типовые, стандартные конструктивные узлы и элементы, обладающие соответствующими свойствами и характеристиками.

Разработка новых способов и моделей применения конструктивных элементов БЛА в сочетании с одновременным применением современных информационных технологий составляет основное научное содержание предлагаемой диссертации.

Исходя из этого следует, что диссертационная работа Шумского А.Н., посвященная синтезу системы управления ориентацией БЛА, является актуальной.

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

Новизна результатов, полученных Шумским А.Н. в процессе диссертационного исследования, и научных положений, выносимых на защиту, определяется следующим:

1. На основе достаточно подробного анализа существующих подходов к синтезу систем управления беспилотными летательными аппаратами обоснована методика синтеза элементов системы управления БЛА при отсутствии общей математической модели БЛА, основанная на применении методов идентификации элементов системы управления.

2. Автором разработана и апробирована методика компенсации случайных составляющих выходного сигнала гироскопа БЛА с помощью нечеткого регулятора на основе применения метода вариации Аллана, что позволяет повысить устойчивость и точность работы автопилота БЛА.

3. Предложен оригинальный способ управления ориентацией беспилотного летательного аппарата, основанный на применении пропорционально-интегрально-дифференциального нечеткого регулятора с первичной настройкой параметров закона управления в условиях наличия информационных неопределенностей.

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

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается корректной постановкой научной задачи, использованием широко применяемого и апробированного аппарата теории автоматического управления, теории идентификации и аэродинамики. Полученные соискателем результаты не противоречат результатам, полученными другими авторами в этой области знаний. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, аргументированы и вытекают из содержания проведенных исследований.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.

Научная значимость диссертации состоит в том, что Шумский А.Н. предложил новый методический аппарат, а также – способы и алгоритмы, представляющие единую методику эффективного применения теории нечетких множеств при синтезе системы управления беспилотного летательного аппарата.

В целом результаты, полученные соискателем, являются новыми научными знаниями в области автоматизации и управления технологическими процессами и технологической подготовки производства.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в том, что разработанные на основе предложенных автором теоретических подходов алгоритмы и методики использованы при разработке системы управления конкретного БЛА, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

Экономическая значимость результатов диссертации определяется их использованием при разработке коммерческих продуктов в виде методик, алгоритмов и программных средств, разработанных соискателем.

Социальная значимость результатов диссертации заключается в том, что предлагаемые соискателем теоретические и практические положения имеют общественно полезное значение.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

Всего по теме диссертации имеется 29 работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных журналах, что соответствует требованиям ВАК. Кроме того, имеется 16 статей в сборниках научных конференций, 8 тезисов докладов и патент на изобретение.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Диссертация и автореферат Шумского А.Н. в целом оформлены в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трёх глав, библиографического списка, приложений. Структура диссертации построена логично, материал изложен грамотно.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации, отражает основные результаты, полученные автором.

8. Замечания по диссертации.

1. В разделах 1.4 и 1.5 представлены линеаризованные уравнения продольного и бокового движения БЛА, но не приведены уравнения опорных траекторий.

2. Не описано направление осей кинематической схемы на рисунке 1.6 (стр. 23).

3. Разделы 2.1 и 2.2 перегружены описанием известных положений из теории случайных процессов и описанием конструкции чувствительных элементов навигационной системы БЛА (акселерометров и гироскопов).

4. В формуле (2.1) на стр. 38 t_1 – не промежуток времени, а момент времени.

5. В диссертации используются различные обозначения оператора преобразования Лапласа: p – на страницах 18, 25, 26, 76, 77; или s – на страницах 43, 46, 48, 82 – 95.

6. На стр. 72 написано, что дисперсия Аллана равна квадратному корню из вариации Аллана, что не соответствует определению.

7. Не достаточно разборчивы черно-белые изображения, представленные на рисунках 2.18, 2.22-2.27, 3.25-3.26.

8. В разделе 2.4 при сравнении результатов фильтрации случайного сигнала не представлены алгоритм или методика фильтрации с помощью нечеткого регулятора (нет ссылки на главу 3).

9. На странице 95 не пояснено, какая из теорем Харитоновна взята за основу определения робастной устойчивости (известны три теоремы).

10. На подрисуночной надписи рисунка 3.28 (стр. 115) написано «график изменения значения элеронов...» вместо «...угла отклонения элеронов...».

11. Статьи автора в научных изданиях в соответствии с п. 19 Положения

о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, в которых приведены основные результаты научных исследований, опубликованы только в журнале «Труды БГТУ», что сужает круг специалистов, знакомых с этими результатами.

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

Соискатель Шумский Андрей Николаевич выполнил большой объем теоретических и практических исследований, изложенных в диссертации. Результаты данных исследований и полученные научные результаты свидетельствуют о научной квалификации автора, соответствующей учёной степени кандидата технических наук.

10. Заключение.

Диссертация Шумского Андрея Николаевича является законченной квалификационной научной работой. Её содержание по уровню научных исследований, новизне полученных результатов и их практической значимости соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Отмеченные замечания не являются принципиальными.

Шумский Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за новые научно обоснованные результаты по разработке методического аппарата синтеза системы управления беспилотного летательного аппарата при отсутствии математических моделей его отдельных элементов, включающие:

методику синтеза законов управления, обеспечивающих устойчивость управления при наличии внешних случайных воздействий (робастную устойчивость);

методику идентификации математической модели шумов гироскопа на основе метода вариации Аллана, позволяющую определить корреляционную функцию шумов из нескольких наборов экспериментально полученных результатов измерений и провести фильтрацию этих шумов;

способ управления углами ориентации БЛА на основе применения нечеткого регулятора, позволяющий синтезировать закон управления при недостоверной информации о математической модели объекта управления.

Официальный оппонент
профессор кафедры «Робототехнические системы»
Белорусского национального технического университета
доктор технических наук, профессор

А.А. Лобатый

«22» 02 2023 г.

