

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 (промышленность)»

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

Содержание диссертационной работы Шумского А.Н. на тему «Управление ориентацией беспилотного летательного аппарата на основе применения нечетких регуляторов» соответствует заявленной специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» и отрасли технических наук. Материалы работы относятся к следующим областям исследований паспорта специальности 05.13.06:

«Математические модели и методы автоматизации технологических процессов и производств, а также автоматического и автоматизированного управления этими процессами и производствами, включая технологическую подготовку производства, контроль и испытания, измерения, защиту, диагностику, учет; резервирование, повышение эффективности, модернизацию и т.д. с учетом специфики отрасли».

«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».

2. Актуальность темы диссертации.

В современных условиях беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются неотъемлемой частью военной сферы, а также широко используются в задачах мониторинга окружающей среды, метеорологии и ряде других направлений. Задача разработки систем управления беспилотными летательными аппаратами является актуальной и основывается на синтезе законов управления для стабилизации движения БЛА. Разработка подходов к применению нечетких регуляторов для синтеза системы управления БЛА представляет собой новое научное направление в исследованиях.

Актуальность темы представленной диссертационной работы заключается в повышении эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата и улучшении показателей качества автоматического управления за счет применения системы управления на базе нечеткого регулятора.

3. Степень новизны результатов, научных положений, которые выносятся на защиту диссертации.

Научные результаты, выносимые на защиту, получены впервые и заключаются в следующем:

1. Разработана методика синтеза законов управления БЛА при отсутствии математической модели, основанная на применении четырех методов идентификации.

2. Разработана методика корректировки интенсивности шумовых составляющих выходного сигнала гироскопа с применением вариации Аллана, которая позволяет компенсировать ошибку по выходным параметрам гироскопа.

3. Разработан способ на основе применения нечеткого регулятора для синтеза законов управления применительно к шести технологическим параметрам, который позволяет стабилизировать углы ориентации БЛА на различных этапах эксплуатации.

4. Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Результаты, полученные в диссертационной работе Шумского А.Н., являются объективными и обоснованными. Достоверность результатов и выводов подтверждена достаточным количеством экспериментальных данных, а также актами внедрения в производство и учебный процесс. Полученные автором результаты не противоречат результатам, полученным другими авторами в области разработки систем управления БЛА.

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

Научная значимость результатов:

- Предлагаемая методика синтеза законов управления беспилотным летательным аппаратом, основанная на идентификации его модели, позволяет формировать закон управления БЛА, обеспечивающий устойчивость системы управления с учетом динамического характера изменения возмущающих воздействий.

- Предлагаемая методика использования нечеткого регулятора, основанная на использовании вариации Аллана, позволяет обеспечить компенсацию случайных воздействий в выходном сигнале гироскопа автопилота на уровне, достаточном для функционирования системы

управления.

- Предлагаемый способ управления углами ориентации беспилотного летательного аппарата, основанный на применении нечеткого регулятора, позволяет формировать закон управления в условиях информационной неопределенности.

Практическая значимость результатов:

- Предлагаемая методика синтеза законов управления беспилотным летательным аппаратом позволяет учесть специфику работы всех подсистем для класса БЛА, а также учесть влияние ряда динамически меняющихся факторов.

- Предлагаемая методика использования нечеткого регулятора позволяет компенсировать ошибку по угловым скоростям гироскопа с учетом случайных составляющих сигнала.

- Предлагаемый способ управления углами ориентации беспилотного летательного аппарата позволяет синтезировать законы управления на различных этапах полета.

- Результаты диссертационной работы внедрены и используются на ОАО «АГАТ - системы управления» – управляющая компания холдинга «Геоинформационные системы управления» при настройке системы управления полетом беспилотного летательного аппарата.

Экономическая значимость работы определяется повышением эффективности функционирования беспилотного летательного аппарата и улучшении показателей качества управления за счет применения моделей и методик, предложенных в диссертационной работе. Результаты диссертационной работы используются при разработке коммерческих систем автоматического управления БЛА.

Социальная значимость заключается в том, что полученные автором диссертационной работы результаты могут быть использованы при подготовке специалистов в области систем автоматического управления.

6. Полнота опубликования основных положений, результатов диссертации в научной печати.

Материалы по теме диссертации опубликованы в 4 научных статьях в рецензируемых научных журналах в соответствии с пунктом 19 положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий общим объемом 1,5 авторского листа. Помимо этого опубликовано 16 статей в материалах научных конференций, 8 тезисов докладов и 1 патент. Общий объем опубликованных работ – 5 авторских листов.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь. Диссертационная работа состоит из перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, трех

глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка и трех приложений. Материал изложен достаточно качественно. Ограничения на объемы автореферата и основного текста диссертации соискателем соблюдены. Содержание автореферата полностью соответствует представленной диссертации и отражает основные полученные результаты.

8. Замечания по диссертации.

1. Беспилотный летательный аппарат является сложным объектом управления из-за наличия большого количества факторов, оказывающих влияние на каждую выходную величину. С учетом этого целесообразным выглядит увеличение количества терм-множеств функций принадлежности для каждой лингвистической переменной, что приведет к повышению качественных характеристик переходных процессов.

2. Из-за наличия на графиках, представленных в диссертационной работе, шумовой составляющей, и совмещение на одной координатной плоскости нескольких графиков, материал работы в печатном виде трудно воспринимаемый.

3. В диссертационной работе в качестве датчиков угловых скоростей рассмотрены гироскоп Bosch B, использование других гироскопов, вполне возможно, могло бы привести к снижению шумовой составляющей выходных сигналов из гироскопов.

4. В списке литературы, посвященном анализу существующих систем управления, приведены литературные источники до 2020 года. С учетом интенсивной динамики развития систем управления БЛА, целесообразным представляется рассмотрение литературы за последние два года.

5. В диссертационной работе из текста понятно, что на страницах 81-92 идет речь об угле крена, хотя на графиках используется термин «крен».

6. В автореферате имеются несущественные опечатки.

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

На основании анализа содержания диссертации в целом, используемых методов исследования и интерпретации полученных результатов можно сделать заключение о том, что научная квалификация соискателя соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», на которую он претендует.

Результаты, изложенные в диссертации Шумского Андрея Николаевича «Управление ориентацией беспилотного летательного аппарата на основе применения нечетких регуляторов», свидетельствуют о научной квалификации автора, соответствующей ученой степени кандидата технических наук.

10. Заключение.

Диссертационная работа Шумского А.Н. удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК Беларуси к кандидатским диссертационным работам по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)», является законченной научной работой. Представленные замечания не являются принципиальными.

Шумский Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук за новые обоснованные научные результаты, использование которых обеспечивает решение важных прикладных задач по разработке теоретических положений и практических рекомендаций при синтезе систем автоматического управления беспилотными летательными аппаратами, включающие:

разработку методики синтеза законов управления БЛА на основе методов идентификации с учетом динамического изменения случайных факторов, оказывающих влияние на БЛА;

разработку методики использования нечеткого регулятора, позволяющего компенсировать ошибку выходных величин гироскопа;

разработку способа управления углами ориентации БЛА с использованием нечеткого регулятора и обеспечения устойчивости летательного аппарата на различных этапах полета.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой
автоматизации технологических
процессов и производств учреждения
образования
«Белорусский государственный
университет пищевых и химических
технологий»,
кандидат технических наук, доцент

М.М. Кожевников

«6» марта 2023 г.

Подпись Кожевникова М.М. заверяю
Начальник отдела кадров А.В. Копышева

