

УТВЕРЖДАЮ

Ректор учреждения образования

«Брестский государственный
технический университет»



С.А.Касперович

«01» марта 2023 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации на диссертационную работу и автореферат Шумского Андрея Николаевича на тему «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)

Рассмотрев представленные диссертацию и автореферат и обсудив доклад соискателя, научно-технический совет учреждения образования «Брестский государственный технический университет» принял следующее заключение

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

Паспортом специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) предусмотрена область исследования «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения». Поскольку объектом исследования является система управления беспилотным летательным аппаратом, который обладает чрезвычайно широким спектром возможного применения, а предметом исследования – методики и способы использования нечетких регуляторов для формирования управляющих сигналов, что является шагом в направлении интеллектуализации решаемой прикладной задачи, то можно обоснованно считать, что тема и содержание диссертации соответствует отрасли «Технические науки» и удовлетворяет паспорту специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Научный вклад соискателя в решение научной задачи

Соискателем разработаны научно обоснованные алгоритмы функционирования контуров ориентации беспилотных летательных аппаратов на основе интеллектуальных методов управления, что обеспечивает возможность качественного улучшения систем управления полетом аппаратов отечественного производства. В частности, на основе анализа спектральных характеристик помех в выходном сигнале гироскопа, который выполнен с применением метода вариации Аллана, предложен способ компенсации их влияния на качество регулиро-

вания посредством алгоритма обработки сигнала на основе нечеткой логики. Показано, что качество фильтрации, обеспечиваемое устройствами на основе нечеткой логики, не уступает качеству, обеспечиваемому фильтром Калмана.

Разработана структура каналов управления углами ориентации аппарата, а также методы синтеза пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов для каждого канала на основе нечеткой логики. С помощью математических моделей исследована работа регуляторов при использовании различных видов функции принадлежности и установлено, что наилучшие результаты обеспечиваются с треугольной функцией. Результатами математического моделирования и экспериментальных исследований подтверждено требуемое качество переходных процессов, обеспечиваемое данными регуляторами, что позволяет использовать их при построении систем управления беспилотными летательными аппаратами.

Применение устройств на основе нечеткой логики для решения указанных задач является новым и вносит существенный вклад в развитие методов совершенствования отечественных беспилотных летательных аппаратов. Основные положения опубликованы автором и защищены патентом.

Практическое значение результатов исследований

Структура и алгоритмы функционирования контуров ориентации на основе нечеткой логики, а также методики их расчета и настройки могут быть использованы при создании систем управления для отечественных беспилотных летательных аппаратов. Помимо того, что в отдельных случаях это может повысить качественные показатели системы управления, регуляторы и устройства обработки сигнала на основе нечеткой логики, как правило, более просты в реализации, что обеспечивает снижение стоимости системы.

Интеллектуальные методы управления, к которым относятся методы на основе нечеткой логики, предоставляют больше возможностей для дальнейшего развития и совершенствования системы управления, что имеет большое значение для практики. Совершенствование базы правил для нечеткого регулятора дает возможность в большей степени адаптировать систему к конкретным условиям работы.

Результаты работы были применены при выполнении реального проекта по разработке программного обеспечения системы управления полетом для беспилотного летательного аппарата на ОАО «АГАТ - системы управления», что подтверждается актом внедрения. Это позволяет надеяться на дальнейшее распространение разработанных методик в отечественном производстве беспилотных летательных аппаратов.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Научная квалификация Шумского А.Н. соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность). Это подтверждается уровнем и результатами проведенных им теоретических и экспериментальных исследований, приведенных в диссертации и научных публи-

кациях. По материалам диссертационной работы опубликовано 4 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований, 16 статей в сборниках материалов конференций, 8 тезисов докладов на научных конференциях, получен патент на изобретение.

В опубликованных соискателем работах полностью отражены выносимые на защиту положения и выводы, которые сформулированы в диссертации. Имеются акт о практическом использовании результатов исследования, а также о внедрении результатов диссертационной работы в образовательный процесс.

Замечания:

1. Тема диссертации и цель работы предполагают, что объектом исследования является система управления ориентацией беспилотного летательного аппарата, а под ориентацией обычно понимается поворот относительно осей координат. В то же время в диссертации рассматривается синтез регуляторов для шести каналов управления, включая управление скоростью, высотой и боковым смещением, которые не характеризуют ориентацию. В связи с этим не ясно, претендует ли автор только на систему управления переменными, характеризующими ориентацию аппарата, либо тема диссертации, цель и объект исследования сформулированы не совсем корректно.

2. Ряд вопросов вызывает вторая глава диссертации, посвященная проблеме фильтрации помех в каналах измерения углов ориентации. Автор выбрал в качестве альтернативного устройства фильтр Калмана, а затем предложил устройство на основе нечеткой логики, которое обеспечивает примерно такое же качество фильтрации, но более просто в реализации. Однако, учитывая, что помеха имеет спектр близкий к «белому шуму», можно предположить, что задача может быть решена использованием еще более простых в реализации обычных фильтров низкой частоты соответствующего порядка, которые автор вообще не рассматривает.

3. Утверждение, что «разработанный способ позволяет обеспечить автоматическую настройку параметров в законах управления» представляется не вполне корректным, так как это требует изменения базы правил нечеткого вывода, диапазонов для функций принадлежности и т.д., что осуществляется предварительно при настройке системы.

4. Подраздел «Рекомендации по практическому использованию результатов» содержит информацию о том, где применены результаты работы в настоящее время, но не содержит рекомендаций по их дальнейшему использованию.

5. Было бы целесообразно в дальнейшем методами математического моделирования исследовать работу всей системы в целом, поскольку очевидно, что каналы управления оказывают взаимное влияние друг на друга, и качественная настройка каждого из каналов является необходимым, но не достаточным условием качественной работы всей системы.

Заключение

Диссертация Шумского Андрея Николаевича на тему «Управление ориентацией беспилотного летательного аппарата на основе применения нечетких регуляторов» является законченной научной работой. Приведенные выше замеча-

ния не отражаются существенно на качестве и уровне представленной квалификационной работы, но их учет позволит повысить значимость и универсальность диссертационного исследования.

Автор диссертации Шумский А.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность) за новые научно обоснованные результаты по реализации законов управления полетом беспилотного летательного аппарата, включающие:

разработку методики реализации закона управления, обеспечивающих робастную устойчивость объектом при изменении параметров объекта управления;

разработку методики определения математической модели на основе вариации Аллана и реализацию компенсации шумовой составляющей в каналах измерения;

разработку способа управления углами ориентации беспилотного летательного аппарата на основе нечеткого регулятора, функционирующего в условиях неопределенности параметров объекта управления.

Доклад соискателя и отзыв эксперта были заслушаны и обсуждены 01.03.2023 на заседании научно-технического совета учреждения образования «Брестский государственный технический университет» (протокол № 2 от 01.03.2023), проведенного на основании приказа ректора университета от 23.02.2023 № 32 «Об оппонировании диссертации А.Н.Шумского».

На заседании присутствовали 41 член совета из 59, из них 3 – с ученой степенью доктора наук и 38 – с ученой степенью кандидата наук:

Шалобыта Н.Н., канд. техн. наук, доцент, Акулова О.А., канд. техн. наук, Зазерская В.В., канд. экон. наук, доцент, Лебедь С.Ф., канд. физ.-мат. наук, доцент, Мешик О.П., канд. техн. наук, доцент, Онысько С.Р., канд. техн. наук, доцент, Семенюк С.М., канд. техн. наук, доцент, Гарчук И.М., канд. экон. наук, Головкин В.А., д-р техн. наук, профессор, Голуб В.М., канд. техн. наук, доцент, Дереченник С.С., канд. техн. наук, доцент, Кушнер Т.Л., канд. физ.-мат. наук, доцент, Махнист Л.П., канд. техн. наук, доцент, Медведева Г.Б., канд. экон. наук, доцент, Монтик С.В., канд. техн. наук, доцент, Новосельцев В.Г., канд. техн. наук, доцент, Парфомук С.И., канд. техн. наук, доцент, Потапова Н.В., канд. экон. наук, доцент, Прокопеня О.Н., канд. техн. наук, доцент, Тур А.В., канд. техн. наук, доцент, Шурин А.Б., канд. техн. наук, доцент, Волчек А.А., д-р геогр. наук, профессор, Игнатюк В.И., канд. техн. наук, доцент, Никитин В.И., д-р техн. наук, профессор, Хвисевич В.М., канд. техн. наук, доцент, Шведовский П.В., канд. техн. наук, профессор, Барковская М.М., канд. физ.-мат. наук, Басов С.В., канд. техн. наук, доцент, Буслюк В.В., канд. техн. наук, Варич В.Н., канд. филос. наук, доцент, Ворсин Н.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент, Захарченко Л.А., канд. экон. наук, доцент, Кисель Е.И., канд. техн. наук, доцент, Костюк Д.А., канд. техн. наук, доцент, Крамаренко А.К., канд. экон. наук, доцент, Молош В.В., канд. техн. наук, доцент, Павлова И.П., канд. техн. наук, доцент, Рубанов В.С., канд. физ.-мат. наук, доцент, Хведчук В.И., канд. техн. наук, доцент, Шешко Н.Н., канд. техн. наук, доцент, Кривицкий П.В., канд. техн. наук, доцент.

Отзыв оппонировающей организации после обсуждения принят открытым голосованием членов научно-технического совета учреждения образования «Брестский государственный технический университет», имеющих ученые степени.

Результаты голосования членов научно-технического совета университета: за – 41, против – нет, воздержавшихся – нет.


Председатель научно-технического совета, канд. техн. наук, доцент

 Н.Н.Шалобита

Эксперт, канд. техн. наук, доцент

 О.Н.Прокопеня

Секретарь, канд. техн. наук

 О.А.Акулова

