

УТВЕРЖДАЮ
Ректор Белорусского государственного
технологического университета

Войтов И.В.

« 11 » октября 2023 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации на диссертационную работу Бумая Андрея Юрьевича «Формирование оптимальной траектории и синтез алгоритмов управления беспилотным летающим аппаратом при облете запретной зоны», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки. Содержание диссертационной работы соответствует заявленной специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и отрасли технических наук. Диссертация посвящена разработке методик и алгоритмов формирования траектории и синтеза элементов системы управления беспилотным летающим аппаратом, а также оценки его эффективности при облете бесполетных запретных зон.

Работа по своему содержанию соответствует п. «Методы и алгоритмы решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», п. «Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем.» и п. «Проблемно-ориентированные системы управления, принятия решений и оптимизации технических объектов» паспорта специальности 05.13.01.

2. Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости. Основные научные результаты диссертационной работы заключаются в разработке методик определения оптимальных параметров траектории пролета БЛА при облете запретных зон, синтеза закона управления БЛА на основе метода модального управления для аналитического синтеза математической модели автопилота БЛА, разработке методики апостериорного оценивания с использованием фильтрации навигационных параметров БЛА в условиях наличия неопределенностей в выходной информации датчиков и случайных изменений режимов работы подсистем БЛА, и разработки общей методики оценки эффективности применения БЛА для оценки вероятности попадания БЛА в запретную зону и невыхода из нее в течении заданного времени.

Научные результаты диссертации объективны и четко обоснованы, выводы аргументированы, следуют из содержания исследований и отражают научные положения работы.

3. Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень. В диссертационной работе получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью:

1. Обоснованы и разработаны методики и алгоритмы построения оптимальных параметров траектории пролета БЛА при облете запретных зон автоматически, отличающиеся аналитическим решением задачи оптимизации и заданием запретной зоны в виде заданных точек пространства, через которые должна проходить траектория БЛА, позволяющие учесть динамические характеристики БЛА и обеспечивающие экономию энергетических затрат на управление.

2. Разработана методика поэтапного аналитического синтеза закона управления БЛА на начальных этапах разработки системы управления БЛА, учитывающая стохастическую постановку задачи и обеспечивающая выполнение заданных требований к устойчивости и динамической точности управления БЛА, полученного на основе методов модального управления, и позволяющая на этапе предварительного проектирования произвести аналитический синтез математической модели автопилота БЛА.

3. Разработана методика апостериорного оценивания посредством фильтрации навигационных параметров БЛА на основе предложенного критерия максимума апостериорного правдоподобия, позволяющая обеспечить эффективную работу системы управления БЛА в условиях наличия неопределенностей в выходной информации датчиков и наличии случайных изменений режимов работы подсистем БЛА.

4. Предложена общая методика оценки эффективности применения БЛА, отличающаяся учетом стохастической постановки задачи и всех возможных случайных факторов, позволяющая при однократном интегрировании системы дифференциальных уравнений для вероятностных моментов оценить вероятность попадания БЛА в запретную зону и невыхода из нее в течении заданного времени, характеризующего инерционность соответствующих контролируемых систем.

4. Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 1 отсутствуют примеры и сравнительные характеристики БЛА вертолетного типа.
2. Не приведены программы моделирования в пакетах Mathcad и Matlab для полученных результатов в главах 2 и 3 диссертации что не позволяет оценить процесс моделирования.
3. По приведенным результатам моделирования величины отклонения траектории БЛА от заданных промежуточных точек на рис 2.5 затруднительно определить отклонение 5м.

5. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует. Научная квалификация автора диссертационной работы Бумая Андрея Юрьевича соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Диссертационная работа Бумая Андрея Юрьевича удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК Беларуси к кандидатским диссертационным работам по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации», является законченным научным исследованием и содержит обоснованные научные результаты, использование которых обеспечивает решение важной прикладной задачи по разработке теоретических положений и практических рекомендаций, направленных на создание и совершенствование алгоритмов управления беспилотными летательными аппаратами при облете запретных зон. Предложены методики оценки эффективности функционирования БЛА.

6. Выводы

Несмотря на отмеченные недостатки, автор диссертационной работы Бумай Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» за новые научно обоснованные результаты, включающие:

1. Методику определения оптимальных параметров траектории полета БЛА через заданные точки пространства при облете запретных зон.
2. Методику поэтапного аналитического синтеза закона управления БЛА на основе методов модального управления и позволяющую на этапе предварительного проектирования произвести аналитический синтез математической модели автопилота БЛА.
3. Метод комплексирования источников информации системы управления БЛА на основе алгоритма оценивания навигационных параметров, отличающийся учетом неопределенностей в выходной информации различных датчиков и случайных изменений режимов работы подсистем БЛА.
4. Методику вероятностного анализа попадания БЛА в область пространства, запрещенную для полетов любых летательных аппаратов, позволяющую оценить выполнение заданных ограничений на траекторию полета БЛА.

Диссертационная работа Бумая Андрея Юрьевича рассмотрена на научном семинаре кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», протокол № 3 от 10 октября 2023 г.

В работе семинара приняли участие 13 человек, из которых ученую степень имеют 10 человек.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: зав. кафедрой, доцент кафедры, канд. техн. наук **Карпович Д.С.**; доцент по кафедре автоматизации производственных процессов (АПШ); доцент по спец. «Электроника и микроэлектроника», канд. техн. наук **Оробей И.О.**; канд. техн. наук; по кафедре автоматизации производственных

процессов **Кобринец В.П.**; доцент по спец. «Информатика, управление и вычислительная техника», канд. техн. наук **Барашко О.Г.**; доцент по кафедре энергетики, канд. пед. наук **Коровкина Н.П.**; доцент по спец. «Электроника и микроэлектроника», канд. техн. наук **Гринюк Д.А.**; доцент по спец. «Электроника и микроэлектроника», канд. техн. наук **Бакаленко В.И.**, доцент кафедры, канд. техн. наук **Александров О.И.**; доцент кафедры, канд. техн. наук **Подобед М.Ю.**; доцент кафедры, канд. техн. наук **Сарока В.В.**; ст. преподаватель **Анкуда М.А.**; ст. преподаватель **Лялько А.А.**; ст. преподаватель **Олиферович Н.М.** (всего 13 человек).

Отзыв оппонировавшей организации одобрен и принят открытым голосованием: за – 10 человек; против – нет.

В голосовании приняли участие участники семинара, имеющие ученые степени доктора наук – 0 человек и кандидата наук – 10 человек.

Председатель научного семинара
зав. кафедрой автоматизации производственных
процессов и электротехники, к.т.н.

Д.С. Карпович

Эксперт,
к.т.н.

В.В. Сарока

Секретарь научного семинара,
к.т.н.

Д.А. Гринюк

Ознакомлен
16.10.2023

Бумажин А.В.

4

