



0019 Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պող., 24 /2
Հեռ. (37410) 52-48-90 Ֆաքս (37410) 56-81-89
e-mail: mechins@sci.am

24/2, Marshal Baghramian Ave., Yerevan, 0019
Phone: (37410) 52-48-90 Fax: (37410) 56-81-89
e-mail: mechins@sci.am

N 2436-68

“30” 08 2023

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Барсегяна Вани Рафаеловича на диссертацию Баранова Олега Владимировича на тему «Построение отказоустойчивых конфигураций квадрокоптеров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа посвящена актуальной теме исследования – построению отказоустойчивых конфигураций квадрокоптеров. В настоящее время все большее распространение и популярность получают беспилотные летательные аппараты в виде многовинтовых устройств, а чаще – квадрокоптеров. Квадрокоптеры обладают рядом преимуществ, таких как простота конструкции, большая стабильность, компактность, маневренность и малая взлетная масса. Несмотря на то, что все принципиальные вопросы, связанные с построением системы управления квадрокоптером также решены, вопросы отказоустойчивости все еще остаются актуальными. Тенденция к автоматизации беспилотных летательных аппаратов требует повышения надежности всех систем. Поэтому построение отказоустойчивых конфигураций квадрокоптеров, несомненно, востребовано и является **актуальным, а практическая значимость** исследования не вызывает сомнения.

В диссертационной работе рассматривается задача построения такой аппаратной конфигурации и системы управления квадрокоптером, которая позволяла бы минимизировать отрицательные последствия от ряда определенных нештатных ситуаций (т.е. аварий). Для решения этой задачи **в первой главе** описываются типы аварийных ситуаций. Приведен анализ возможных конструктивных решений при сборке аппарата и рассмотрен вопрос выбора аппаратной конфигурации квадрокоптера, допускающей функционирование в аварийном режиме. Предлагается подход к классификации квадрокоптеров с учетом всех их конструктивных особенностей. Приведены рекомендации по выбору отдельных комплектующих квадрокоптера, которые могут быть использованы для построения отказоустойчивой конфигурации аппарата. Приводится расчет летно-технических характеристик для двух отказоустойчивых конфигураций аппаратов разных классов. **Во второй главе** представлены результаты моделирования аварийных ситуаций и рассмотрен вопрос настройки пропорционально-интегрально-дифференцирующих регуляторов (ПИД-регуляторов)

квадрокоптера. Сформулированы замечания по применимости алгоритмов автоматической настройки ПИД-регуляторов и необходимости особых режимов стабилизации в аварийных режимах. В третьей главе приводятся результаты математического моделирования процесса штатного и нештатного (аварийного) управления квадрокоптером с использованием адаптивного метода. Приведен ряд замечаний по возможности интеграции результатов математического моделирования в процессе управления квадрокоптером в аварийном режиме в реальном времени. Представлена схема внедрения и рассмотрен вопрос корректировки данных инерциальной навигации на основе результатов математического моделирования.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в обосновании и разработке целевых летно-технических характеристик отказоустойчивой конфигурации квадрокоптера; в разработке алгоритмов аварийной посадки при двух работающих двигателях как часть проблемно-ориентированной системы управления квадрокоптером и алгоритма настройки стабилизирующего ПИД-регулятора. Также практическую значимость представляет внедрение результатов исследования в учебный процесс в виде образовательных программ.

К основным научным результатам диссертации следует отнести следующие:

1. Целевые летно-технические характеристики отказоустойчивой конфигурации квадрокоптера и их расчет для аппаратов двух классов.
2. Алгоритмы спасения при отказе одного или двух двигателей в ручном и автоматическом режиме, в т.ч. алгоритм настройки стабилизирующего ПИД-регулятора.
3. Программное обеспечение для решения задачи оптимального управления квадрокоптером как часть проблемно ориентированной системы управления.

Достоверность результатов диссертации подтверждается согласованностью результатов численных экспериментов с аналитическими оценками, корректностью приведенных выводов, а также публикациями основных положений диссертации в рецензируемых журналах и докладами на международных конференциях.

Диссертация оформлена удовлетворительно, текст диссертации изложен на хорошем научном уровне. В то же время работа не лишена некоторых недостатков.

К представленному тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. Диссертация (обзорно-постановочная часть) практически не содержит сравнительных выводов с известными подходами и комментариев автора по поводу классификации квадрокоптеров и расчета отказоустойчивой конфигурации квадрокоптера.
2. В тексте диссертации присутствует некоторое число опечаток. Например, в формулах на стр. 54, 93-95, 103, 107 при переносе в левой части отсутствуют соответствующие знаки.

Указанные замечания не снижают значимость диссертации и общее положительное впечатление.

Диссертационная работа Баранова О. В. «Построение отказоустойчивых конфигураций квадрокоптеров» представляет собой ценное исследование, выполненное на высоком научном уровне и, несомненно, представляет теоретический и практический интерес. Полученные

автором результаты, выводы и рекомендации являются новыми, достоверными и обоснованными.

Диссертация Баранова Олега Владимировича на тему: «Построение отказоустойчивых конфигураций квадрокоптеров» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Баранов Олег Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Института механики
Национальной академии наук Республики Армения,
профессор кафедры Механики Ереванского
государственного университета

В.Р. Барсегян

« 30 » 08 2023 г.

/ Подпись д.ф.-м.н., профессора В.Р. Барсегяна заверяю.
Ученый секретарь Института механики НАН РА, к. ф-м. н.

