

УТВЕРЖДАЮ

Проректор федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Московский  
государственный университет имени  
М.В. Ломоносова»

д.ф.м.н., профессор А.А. Федянин



подпись

января 2018 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» кафедры теоретической механики и мехатроники механико-математического факультета

Диссертация «Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом» выполнена на механико-математическом факультете на кафедре теоретической механики и мехатроники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

В период подготовки диссертации соискатель Савицкий Александр Владимирович обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» на механико-математическом факультете на кафедре теоретической механики и мехатроники.

В 2012 г. Савицкий Александр Владимирович окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности «Механика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Павловский Владимир Евгеньевич, работает в федеральном государственном учреждении "Федеральном исследовательском центре Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук", главный научный сотрудник отдела №5 Механики космического полёта и управления движением,

сектора №3 Робототехнических систем.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа А.В.Савицкого «Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом» является законченным, самостоятельным исследованием актуальной задачи.

В работе представлена теоретико-механическая модель беспилотного мультироторного летательного аппарата. Для случая квадрокоптера изучены такие базовые траектории как взлет-парение-посадка, полет по прямой. Описано решение обратной задачи динамики. Рассмотрен нейросетевой алгоритм построения управляющих воздействий для базовых траекторий. На основе результатов численного моделирования построена обучающая выборка, построена сходящаяся нейронная сеть. Показано, что построенный алгоритм управления удовлетворительно работает для случая базовых траекторий. Также представлены результаты работы нейросетевого алгоритма для случая наличия погрешности позиционного датчика.

**Личное участие соискателя в получении результатов.** Научный руководитель предложил постановку задачи и методы ее исследования.

Все представленные в диссертации результаты получены лично соискателем.

**Степень достоверности результатов проведенных исследований, их новизна и практическая значимость.** Новизна заключается в том, что получено решение обратной задачи динамики для нахождения управляющих воздействий для квадрокоптера; изучены некоторые траектории высшего пилотажа и составлен алфавит базовых траекторий; построен нейросетевой контроллер для синтеза управляющих воздействий с высокими характеристиками быстродействия и адаптивности, описаны результаты его работы при наличии случайного шума и погрешности датчика.

Практическая значимость состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы при проектировании беспилотных летательных аппаратов и создании новых адаптивных алгоритмов управления.

**Ценность научных работ соискателя.** Диссертация носит теоретический характер. Полученные результаты могут найти применение при анализе динамики мультироторных роботов и построении новых алгоритмов управления беспилотных летательных аппаратов. Результаты диссертации могут быть использованы в исследованиях, проводимых в МГУ имени М.В. Ломоносова, Институте прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН и других научно-исследовательских центрах.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.**

Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем. Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях из Перечня ВАК:

1. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Нейросетевой алгоритм управления квадрокоптером на типовых траекториях // журнал "Нелинейный мир", изд. "Радиотехника", Москва, 2015. №6, С. 47-51.

2. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Решение обратной задачи для вычисления управляющих воздействий квадрокоптером // журнал "Нелинейный мир", изд. "Радиотехника", Москва, 2016. №7, С. 19-30.

3. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Исследование обратной задачи для вычисления управляющих воздействий для квадрокоптера //Препринт ИПМ, Москва, 2017. №17, С. 1-20.

4. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Модель квадрокоптера и нейросетевой алгоритм управления //Препринт ИПМ, Москва, 2017. №77, С. 1-20.

Другие публикации:

5. Павловский В.Е., Яцун С.Ф., Емельянова О.В., Савицкий А.В., Моделирование и исследование процессов управления квадрокоптером, Робототехника и техническая кибернетика: научно-техн. журнал // Санкт-Петербург. № 4(5)/2014. С. 49-57.

6. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Модель, базовые траектории, нейроконтроллер для мультироторного робота / Труды Всероссийского научно-практического семинара "Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта". БТС-ИИ-2014. Казань. 2014.

7. Павловский В.Е., Савицкий А.В., Нейросетевой контроллер для управления квадрокоптером // Труды XVII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием "НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2015". Часть 2. Москва. 2015. С. 177-188.

В связи с принципиальной робототехнической направленностью диссертация «Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом» Савицкого Александра Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - Теоретическая механика в федеральном государственном учреждении "Федеральном исследовательском центре Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук" в Диссертационном Совете Д 002.024.01.

Заключение принято на заседании кафедры теоретической механики и мехатроники механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - нет, «воздержалось» нет, протокол № 01-17/18 от «25» октября 2017 г.

Заведующий кафедрой  
теоретической механики и мехатроники  
механико-математического факультета МГУ  
академик РАН, д.ф.-м.н., профессор,

  
(подпись)

/Д.В.Трещев /

