

О Т З Ы В

научного руководителя

на кандидатскую диссертацию Александра Владимировича Савицкого «Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика

Работа А.В.Савицкого посвящена изучению динамики летательных роботов мультироторного типа. Ее актуальность определена возможным широким применением таких аппаратов, а сложность - тем, что такие системы имеют дефицит управляющих воздействий. В работе показано, что реализуем достаточно широкий класс траекторий и для него найдены соответствующие управления.

Научной новизной работы является решение обратной задачи динамики и построение управлений движением квадрокоптера по заданным траекториям, реализация нового адаптивного алгоритма управления в реальном времени, основанного на нейросетевом регуляторе. Описана его модель и показано его действие на базовых траекториях.

Ниже представлены основные результаты работы:

- построена теоретическая мехатронная модель мультироторного робота, учитывающая основные аэродинамические эффекты; составлены уравнения, описывающие его динамику;
- подробно рассмотрен случай четырех роторов и составлены уравнения динамики квадрокоптера;
- описано решение обратной задачи динамики и представлен алгоритм вычисления управляющих воздействий; отдельно рассмотрено движение в горизонтальной и вертикальных плоскостях; построены графики управлений для полета по таким траекториям высшего пилотажа, как «мёртвая петля», «горка», спираль и другим; описан алфавит базовых траекторий движения квадрокоптера; для некоторых базовых траекторий управляющие воздействия найдены в явном виде;
- для верификации найденных управлений численно была решена прямая задача динамики; при этом полученные результаты полностью соответствовали требуемым траекториям;
- предложен новый алгоритм управления квадрокоптером, основанный на нейросетевом регуляторе (НР), описана методика его создания для общего случая;
- для ряда базовых траекторий рассмотрена эффективность работы НР; на основании результатов численного моделирования показано, что предложенный метод удовлетворительно работает для отдельных базовых траекторий;
- описаны результаты работы нейросетевого контроллера при наличии случайного шума и погрешности датчика; показано, что для квадрокоптера размера порядка 1 м нейрорегулятор удовлетворительно работает при точности датчиков высоты порядка 4 см.

По теме диссертации опубликовано шесть научных трудов, в том числе две статьи, два препринта ФИЦ ИПМ им.М.В.Келдыша РАН (входят в перечень ВАК РФ).

Можно заключить, что диссертация Савицкого А.В. «Динамика и алгоритмы управления мультироторным роботом» является законченным, самостоятельным научным исследованием актуальной научной задачи. Удовлетворяет требованиям ВАК РФ.

Отзыв составил:

Павловский Владимир Евгеньевич
д.ф.-м.н. по специальности 05.13.11
профессор по специальности 01.02.01
главный научный сотрудник отдела 5 "Механика космического полёта и управление движением",
сектор 1 "Математического моделирования космических систем и процессов"
Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша Российской академии наук"
125047, Москва, Миусская пл., 4
http: // www.keldysh.ru
e-mail : office@keldvsh.ru
+7 499 978-13-14

В.Е.Павловский

Подпись доктора физико-математических наук В.Е.Павловского
заверяю.
Ученый секретарь ИПМ им.М.В.Келдыша РАН
к.ф.-м.н.

" 04 " 06 2019



А.И.Маслов