

Работа выполнена на кафедре электротехники и мехатроники государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор  
Пшихопов Вячеслав Хасанович

Официальные оппоненты: Манько Сергей Викторович,  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный  
технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики»  
  
Притчин Сергей Борисович,  
кандидат технических наук, доцент ФГБОУ  
ВПО «Южно-Российский государственный  
политехнический университет (Новочеркасский  
политехнический институт) имени М.И.  
Платова», г. Новочеркасск

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Московский  
государственный технический университет  
имени Н. Э. Баумана»

Защита состоится «23» декабря 2015г. в 12<sup>00</sup> на заседании  
диссертационного совета Д212.208.24 Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по  
адресу: 347928, г. Таганрог, ул. Чехова, 2, корпус «И», комн. 347.

С диссертацией можно ознакомиться в зональной научной библиотеке ЮФУ по адресу: 344103, г.  
Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 21 Ж, а так же на библиотечном портале ЮФУ  
<http://hub.sfedu.ru/diss/announcement/58ae3988-8397-42af-baa2-841684d48a58/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



А.П. Кухаренко

**В заключении** диссертации приведены основные результаты диссертационной работы.

**В приложении** приведены акт о внедрении научных результатов диссертации, акт об использовании результатов диссертации в учебном процессе, листинг программы и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

**Основным научным результатом диссертации является решение задачи разработки метода управления движением одновинтового вертолета с учетом многосвязности каналов управления и технической реализуемости, обеспечивающего повышение точности отработки заданных траекторий.**

Результатами диссертации являются:

– обобщенная нелинейная математическая модель вертолета, отличающаяся введением дополнительных преобразований, связывающих управляющие силы и моменты с управляющими воздействиями, и позволяющая, за счет перестраиваемой структуры, описывать различные вертолетные схемы;

– метод адаптивного позиционно-траекторного управления роботизированным одновинтовым вертолетом с рулевым винтом, отличающийся способом формирования управлений с учетом многосвязности и нелинейности математической модели вертолета, что позволяет обеспечить повышение точности отработки заданных траекторий;

– методика проектирования программно-аппаратного комплекса для компьютерного моделирования динамики летательных аппаратов вертолетного типа, отличающаяся учетом модели навигационной системы, полуавтоматической калибровкой исполнительных механизмов и загрузлением навигационных данных. Предложенная методика позволяет создавать комплексы для проведения вычислительных экспериментов, максимально приближенных к натурным;

– выполнен анализ характеристик предложенной в работе системы адаптивного позиционно-траекторного управления роботизированным одновинтовым вертолетом, который показал, что в установившемся режиме ошибка отработки заданной траектории вертолетом – 0,57 м, что в два раза меньше ошибки системы с ЛАУС. При этом СКО системы с АПТУ составляет 0,1202 м, что в четыре раза ниже, чем при использовании АУНПМ и ЛАУС. Приведенные результаты моделирования подтверждают эффективность разработанного алгоритма управления вертолетом и моделирующего программно-аппаратного комплекса;

– на базе обобщенной модели была получена модель одновинтового вертолета. Результаты сравнения данных натурального эксперимента и моделирования подтверждают адекватность разработанной обобщенной нелинейной математической модели вертолета и модели используемой в авиатренажере.

### **Публикации по теме диссертации**

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:  
публикации в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов работ по диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук:

1. **Пшихопов, В.Х.** Синтез алгоритмов управления одновинтовым мини-вертолетом [Текст] / В.Х. Пшихопов, А.Е. Кульченко, М.Ю. Медведев // Раздел V. Контроль и управление в технических системах, Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – ISSN 1999-9429.

2. **Пшихопов, В.Х.** Моделирование полета одновинтового вертолета под управлением позиционно-траекторного регулятора. [Электронный ресурс] / В.Х. Пшихопов, А.Е. Кульченко, В.М. Чуфистов // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. –ISSN 2073-8633. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1650> (доступ свободный)–Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. **Пшихопов, В.Х.** Алгоритм обработки данных в задаче идентификации параметров м мини-вертолета CALIBER V90 [Текст] / В.Х. Пшихопов, Н.Е. Сергеев, Медведев М.Ю., А.Е. Кульченко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. –№ 3(128) –С. 58-65. –ISSN 1999-9429.

4. **Кульченко, А.Е.** Структурно-алгоритмическая организация автопилота робота-вертолета [Электронный ресурс] / А.Е. Кульченко // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. –ISSN 2073-8633. –Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/330> (доступ свободный) – Загл. с экрана. –Яз. рус.

5. **Кульченко, А.Е.** Программно - аппаратный моделирующий комплекс для работа - вертолета / А.Е. Кульченко // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, №1(39) 2011. –С. 164-168. –ISSN 1999-9429.

#### **Доклады в материалах конференций:**

6. **Kulchenko, A.** The features of flight-dynamic single-rotor helicopter mathematical model: for application in autopilots that based on position-trajectory algorithms [Текст] / A.Kulchenko, V. Kostukov, L. Verevkina, V. Chufistov / IEEE: Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2014 19th International Conference, Miedzyzdroje, 2-5 September 2014. - 423-428 pp. - ISBN: 978-1-4799-5082-9. - doi: 10.1109/MMAR.2014.6957391.

7. **Pshikhopov, V.** The study of path-following accuracy of robotic single-rotor helicopter [Текст] / V. Pshikhopov, A. Kulchenko, M. Medvedev M., V. Kostukov, V. Chufistov // Scientific Journal Facta Universitatis. - vol. 13, No. 3, 2014. - print ISSN: 1820-6417. - online ISSN: 1820-6425.

8. **Pshikhopov, V.Kh.** The Design of Helicopter Autopilot [Текст] / V.Kh. Pshikhopov, N.E. Sergeev, M.U. Medvedev, A.E. Kulchenko // SAE Technical Paper 2012-01-2183. –2012, doi:10.4271/2012-01-2183.

9. **Пшихопов, В.Х.** Оценка параметров подвижного объекта по результатам обработки навигационной информации [Текст] / В.Х. Пшихопов, Н.Е. Сергеев, М.Ю. Медведев, А.Е. Кульченко // Материалы конференции "Информационные технологии в управлении" (ИТУ-2012), Санкт-Петербург, 2012. –С. 639-645.

10. **Пшихопов, В.Х.** Демонстрационный прототип роботизированного мини-вертолета [Текст] / В.Х. Пшихопов, Н.Е. Сергеев, А.Е. Кульченко // Седьмой Международный Аэрокосмический Конгресс IAC'12. –Москва, 2012. –С. 110-111. –ISBN 978-5-98625-106-6.

11. **Sergeev, N.** // The modification of linguistic variable concept for 2D/3D vision-based robot navigation [Текст] / N. Sergeev, V. Pshikhopov, A. Kulchenko, D. Kadishev // Proceedings of the XI International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements - SAUM 2012. –Niš, Serbia, November 14-16, 2012.

12. **Костюков, В.А.** Моделирование полета одновинтового мини-вертолета по целевой траектории [Текст] / В.А. Костюков, А.Е. Кульченко // Спецпроект анализ научных достижений: материалы VI Международной научно-практической конференции. –У: 7 т. –Днепропетровск: Біла К О., 2011. –С. 29-32. –ISBN 978-966-2447-73-6.

13. **Кульченко, А.Е.** Структурная организация системы управления БПЛА на базе мини-вертолета [Текст] / А.Е. Кульченко, Р.В. Федоренко // Материалы Пятой Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления» и второй молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. –С.135-139. –ISBN 978-5-8327-0312-1.

14. **Кульченко, А.Е.** Построение математической модели вертолета одновинтовой схемы [Текст] / А.Е. Кульченко // Всероссийская молодежная научная конференция "Мавлютовские чтения". –Уфа, УГАТУ. –2009.

#### **Авторские свидетельства, дипломы, патенты и др.**

15. Программный комплекс для построения, исследования и применения системы управления роботизированного вертолета [Текст]: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Пшихопов В.Х., Кульченко А.Е.; заявитель и правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». –№2013612587; заявка 4.10.12; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 6.03.13.

Диссертация А.Е. Кульченко соответствует п. 2 («Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем, анализ их характеристик методами компьютерного моделирования, разработка новых методов управления и проектирования таких систем») и п.3 («Методы адаптивного, распределенного, интеллектуального управления робототехническими и мехатронными системами») паспорта специальности 05.02.05 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

**Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве:** В [1], [10] предложен метод адаптивного позиционно-траекторного управления роботизированным одновинтовым вертолетом с рулевым винтом, являющийся развитием обобщенного метода позиционно-траекторного управления подвижными объектами. В [2] разработан программно-аппаратный комплекс для компьютерного моделирования динамики летательных аппаратов с использованием специализированных авиа-тренажеров. В [3], [9] произведена оценка центра масс вертолета. В [7] выполнены преобразования для перехода от управляющих сил и моментов к управлению и визуализация моделируемого полета вертолета с автопилотом. В [8], [12] разработана нелинейная математическая модель одновинтового мини-вертолета. В [11] разработаны алгоритмы обработки навигационных данных и произведена обработка полетных данных. В [13] разработан комплекс программ для компьютерного моделирования. В [15] разработана нелинейная математическая модель одновинтового мини-вертолета.