**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Э. БАУМАНА**

На правах рукописи

ХАММУД АБДУЛЛА

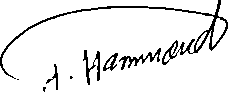
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПОДХОДОВ В  
АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

Специальность

05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации

ДИССЕРТАЦИЯ  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель -

кандидат технических наук, доцент Евстифеев В. В.

Москва 2004

1. **Оглавление**

**СТР.**

[Введение 4](#bookmark3)

Глава 1. Адаптивные системы управления летательными аппаратами.. И

1. [Решение проблемы адаптации 11](#bookmark6)
2. [Принципы построения адаптивных систем 11](#bookmark7)
3. [Пассивная адаптация 11](#bookmark8)
4. Активная адаптация 13
5. Выбор подхода к активной адаптации 25
6. [Выводы 27](#bookmark9)

Глава 2. Современные подходы к формированию систем управления

полётом летательных аппаратов 28

1. Введение 28
2. Методы проектирования систем управления 29
3. Классические методы 30
4. 2.2.2. Нейросетевые методы ! 30
5. Выводы 44

[Глава 3. Методы адаптивного управления 46](#bookmark15)

* 1. Введение 46
  2. Постановка Задачи синтеза адаптивных систем управления... 46
  3. Методы синтеза адаптивных систем 48
     1. Синтез адаптивных систем методом функции Ляпунова 50
     2. Алгоритмы скоростного градиента 53

1. АСГ в системах с эталонной моделью 55
   1. Адаптивное управление 56
      1. Постановка задачи управления неопределенными объектами.. 56
      2. Управления по выходной переменной 57
   2. Нейронные сети в системах управления 58
      1. Архитектура нейронной сети 58
      2. Идентификация на основе нейронных сетей 65
2. **СТР.**
   * 1. Системы управления на основе МНС 67
   1. Выводы 68

[Глава 4. Формирование адаптивной системы управления ЛА 70](#bookmark20)

1. Введение 70
2. Предлагаемая структура системы управления ЛА 70
3. Модель ЛА 71
4. [Продольная статическая устойчивость 73](#bookmark21)
5. Линеаризация динамики ЛА 74
6. Базовая система 77
7. Идентификация параметров ЛА 77
8. Необходимость адаптивной эталонной модели системы 80
9. Определение параметров АЭМ системы 83
10. Расчёт сигнальной коррекции 84
11. Динамика ошибки 85
12. 4.6.2. Нейронная сеть (НС2) 87
13. Выводы 88

[Глава 5. Моделирование адаптивной системы 89](#bookmark22)

1. Введение 89
2. Поблочное исследование 90
3. Исследование работы нейроидентификатора 90
4. Исследование блока сигнальной коррекции 95
5. Исследование адаптивной эталонной модели 100
6. Блок логики и вычисления 103
7. [Исследование всей адаптивной системы управления 105](#bookmark23)
8. Выводы 113

[Заключение 115](#bookmark24)

[Список литературы 117](#bookmark25)

[Приложение 128](#bookmark26)

**Заключение**

Настоящая работа посвящена решению комплекса проблем по разработ­ке и исследованию адаптивных систем управления полётом летательного ап­парата, построенных на основе нейронных сетей. Применение таких принци­пов представляется весьма перспективным в структуре адаптивных систем управления сложными динамическими объектами, работающими в условиях непредвиденного изменения их характеристик и параметров.

Разработанные в диссертации алгоритмы адаптации, обеспечивают ра­боту системы в реальном масштабе времени, что имеет существенное значе­ние для повышения эффективности и точности управления полётом лета­тельного аппарата.

В отличие от известных работ, в диссертационной работе:

1. предложена архитектура адаптивной системы автоматической управления на основе нейронных сетей с адаптивной эталонной моделью системы;
2. разработаны алгоритмы функционирования адаптивной эталонной модели;
3. рассмотрена возможность использования предложенной структуры адап­тивной системы для формирования системы управления полётом летатель­ного аппарата;
4. разработана структура сигнальной адаптации на основе нейронной сети;
5. разработан алгоритм настройки параметров адаптивной эталонной модели.

Основными научными и практическими результатами работы являются:

1. Проведен анализ характерных особенностей и принципов построения тра­

диционных адаптивных систем автоматического управления и обоснова­ны преимущества применения адаптивных свойств нейронных сетей для создания адаптивных систем управления;

1. Предложена новая архитектура адаптивной системы управления полётом летательного аппарата, сочетающая нейроидентификатор параметров системы управления, адаптивную эталонную модель, нейроуправление и принцип сигнальной коррекции;
2. Разработан программный комплекс для исследования адаптивной систе­мы управления полётом летательного аппарата на базе ППП Matlab и Simulink, позволяющий решать следующие задачи:
3. исследовать функционирование алгоритмов параметрической иден­тификации системы управления;
4. исследовать функционирование алгоритмов адаптации параметров эталонной модели;
5. исследовать функционирование алгоритмов сигнальной коррекции.
6. Эффективность предложенного в диссертационной работе принципа по­строения адаптивной системы, а также разработанного программного обеспечения подтверждается результатами моделирования адаптивной системы управления продольным движением ракеты класса “воздух- воздух”.
7. Полученные в работе научные и практические результаты показывают возможность использовать их при модернизации существующих систем управления полётом летательного аппарата.

Верность разработанной методики синтеза предлагаемой адаптивной сис­темы управления полётом летательными аппаратами при решении поста­новленной задачи подтверждается исследованием системы с помощью математического моделирования.