

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

*На правах рукописи*

УДК 681.513.673

Лахтиков  
Павел Андреевич

**АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магистерской диссертации на соискание степени  
магистра технических наук  
по специальности 1-31 80 10 «Теоретические основы информатики»

Научный руководитель  
канд. техн. наук, доцент  
Доманов А. Т.

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

**Доманов Александр Тимофеевич,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

**Кардаш Сергей Николаевич,**  
кандидат технических наук, старший научные сотрудник государственного научного учреждения «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии республики Беларуси»

Защита диссертации состоится «27» июня 2017 г. года на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. Платонова, 39, 5 уч. корп.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

При синтезе систем автоматического управления обычно полагают, что задающее и возмущающее воздействия заранее известны. Однако в реальных условиях применения систем они в лучшем случае известны с точностью до параметров, которые меняются во времени и заранее неизвестны. В подобных условиях качественное управление можно обеспечить, если в процессе работы система по наблюдаемым сигналам будет оценивать неизвестные параметры и в соответствии с этими оценками перестраивать параметры системы, регулятора или конфигурацию структурной схемы. Системы, восполняющие недостаток априорной информации за счёт более полного использования текущей информации и одновременно минимизирующая некоторые критерии качества, называют адаптивными.

Обычно задача оценивания параметров требует определённых затрат времени. Причём с увеличением длительности интервала измерений точность оценки параметров, а, следовательно, и точность адаптации возрастает. Однако при быстрых изменениях характеристик воздействий возникают противоречие между временем, необходимым для точного измерения параметров воздействий и скоростью их изменения. Это затрудняет реализацию адаптивных систем и поэтому столь важное значение имеют вопросы разработки упрощённых алгоритмов на основе допустимых отклонений от оптимальных значений параметров адаптивной системы и возможности осуществлять оценивание параметров воздействий в реальном времени.

Имеется значительное количество работ, посвящённых принципам построения и теории одномерных адаптивных систем, основные сведения о которых наиболее полно систематизированы и изложены в [1]. Особый интерес представляют многомерные системы с общим выходом, которые обладают рядом существенных преимуществ и находят широкое применение в практике информационного обеспечения систем управления технологических процессов и подвижных объектов.

Особенностью этих систем является то, что для формирования желаемого процесса на выходе системы используются сигналы двух независимых источников информации. При этом сигнал каждого источника содержит полезную информацию о желаемом процессе на выходе. Избыток полезной информации с одной стороны позволяет повысить точность и помехозащищённость систем, а с другой стороны обеспечить работоспособность системы даже в том случае, когда отсутствуют априорные сведения о спектральных плотностях сигнала.

Магистерская диссертация посвящена вопросам расчёта и оценки эффективности адаптивных систем с переменной структурой, использующих два источника информации об одних и тех же задающих воздействиях в присутствии помех.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время одноканальные системы с оптимальными алгоритмами обработки информации и управления достигли своих предельных возможностей. В тоже время, требования к системам постоянно возрастают. Обеспечить их возможно, если использовать дополнительные источники информации. Причём с увеличением количества источников точность системы управления возрастает. При этом, желательно, чтобы источники информации были независимы друг от друга.

Построение адаптивной двухканальной системы с переменной структурой и её реализация позволяет существенно повысить точность управления в присутствии возмущающих воздействий. Поэтому актуальной работы не вызывает сомнений.

### **Цель и задачи исследования**

Повышение точности двухканальной системы при отработке случайных воздействий известных с точностью до параметра, которые могут меняться в широких пределах.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- синтез линейных двухканальных систем по минимуму среднего квадрата ошибки;
- анализ условий автономности и работоспособности;
- синтез алгоритмов адаптации с нелинейными элементами и скачкообразным изменением структуры;
- методика компьютерных исследований.

**Объектом** исследования является двухканальная система с переменной структурой, обеспечивающая минимум среднего квадрата ошибки управления при произвольном изменении параметров случайных воздействий на её входах.

**Предметом** работы выступают алгоритмы адаптации.

**Область исследования.** Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-31 80 10 «теоретические основы информатики».

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основе диссертации лежат результаты известных исследований адаптивных систем, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе.

В диссертации используются современные методы решения при-

кладных задач оптимального управления многомерными системами с общим выходом (комплексные автоматические системы), в частности метод винеровской теории фильтрации и метод Калмана-Бьюси для стационарных случайных процессов.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в том, что предложена методика расчёта и оценки эффективности адаптивных систем с переменной структурой, использующей два источника информации об одних и тех же задающих воздействиях в присутствии помех.

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что в ней предложен алгоритм адаптивного управления оптимальной двуканальной системы с переменной структурой, что позволяет системе автоматически достаточно быстро реагировать на изменение параметров входных сигналов.

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что разработана адаптивная двуканальная система с переменной структурой, обеспечивающая минимум среднего квадрата ошибки при изменении спектральных интенсивностей помех в широких пределах.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследования были представлены на 53-ей научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

#### **Публикации**

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в статье, подготовленной к публикации. Объём статьи – 2 страницы печатного текста.

**Структура и объём работы.** Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объём диссертации – 58 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрены общие сведения о многоканальных системах с переменной структурой. Освещены основные особенности данных систем, выделены проблемы, с которыми сталкиваются при построении адаптивных двуканальных систем.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объём диссертации.

В **первой главе** рассматриваются обзор существующих комплексных автоматических систем, их преимущества и недостатки. Получены формулы

для расчёта оптимальных параметров для стационарных и нестационарных статически независимых задающих воздействий и помех.

**Во второй главе** рассматривается синтез двумерных оптимальных систем различными методами. Проанализированы среднеквадратические отклонения оптимальной физически реализуемой линейной системы с автономными каналами. Проиллюстрированы данные о том, что при замене оптимальных передаточных функций автономных каналов на передаточные функции неавтономных среднеквадратическое отклонение остаётся достаточно малой величиной, в то время как практическая реализация передаточных функций значительно упрощается.

**В третьей главе** рассматриваются алгоритмы работы системы. Произведено детальное исследование системы с переменной структурой возможно только путём математического моделирования в среде MATLAB. и её компьютерное моделирование. Разработана методика численного моделирования при случайных воздействиях.

**В приложение** приведена настройка параметров модели системы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основное внимание уделено оптимальному использованию в двумерной системе информации о задающем воздействии искажённом помехами и построению адаптивной системы с переменной структурой, обеспечивающей минимум среднего квадрата ошибки при случайных изменениях спектральных интенсивностей помех.

Основные результаты исследований заключаются в следующем.

1) Проанализированы два метода синтеза линейных стационарных двумерных систем с общим выходом. Показано, что в случае систем с общей отрицательной обратной связью передаточные функции каналов физически нереализуемой системы являются автономными, то есть не зависят от статистических характеристик помех на входе другого канала. Передаточные функции каналов оптимальной физически реализуемой системы наоборот представляют собой сложную функцию спектральных интенсивностей воздействий как на первом, так и на втором входах системы.

2) Рассмотрены отклонения среднего квадрата ошибки системы при замене оптимальных передаточных функций каналов физически реализуемой системы передаточными функциями каналов физически нереализуемой системы. На конкретном примере показано, что эти отклонения в широком диапазоне изменения помех остаются достаточно малыми. В то же время, реализация системы с автономными каналами проще.

3) Эффективное применение двухканальных оптимальных систем в условиях интенсивных нестационарных помех требует использования алгоритмов адаптации и рассмотрения вопросов реализации адаптивной системы с переменной структурой. Наибольшая особенность данной системы заклю-

чается в том, что система в процессе работы оценивает процессы рассогласования и, в зависимости от ситуации, меняет структуру системы.

4) На основе стандартных блоков MatLab (Simulink) предложена математическая модель двумерной адаптивной системы с переменной структурой. Разработана методика численного моделирования при случайных воздействиях. Определены постоянные времени фильтра  $T_f$  и параметры переключения структуры схемы  $d$ . Показано что система с переменной структурой при малой постоянной времени  $T_f$  удовлетворяет требованиям оптимизации по минимуму среднего квадрата ошибки при изменении спектральных интенсивностей в широких пределах.

#### **Список опубликованных работ**

Лахтиков П.А. Моделирование двуканальной системы с переменной структурой в MATLAB/П. А. Лахтиков// Теоретические основы информатики: материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. / Минск 1-3 мая 2017 года / Минск, БГУИР 2017.