

УДК 62-52  
ББК 32.965  
Л 82

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, профессор **В.А. Петраков**  
(Южный федеральный университет),  
д-р техн. наук, профессор **Е.И. Фандеев**  
(Южно-Российский государственный политехнический  
университет (Новочеркасский политехнический институт)  
им.М.И. Платова)

**Лубенцова Е.В.**

Л 82 **Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями:** монография. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. – 248 с.

ISBN 978-5-88648-902-6

В книге рассмотрены вопросы структурно-параметрического синтеза систем автоматического управления (САУ) интервальными объектами, математическую основу которых составляет метод гарантирующего управления и максимальная степень устойчивости, а также алгоритмы аппроксимирующего управления для широкого спектра нелинейных характеристик и алгоритмы, полученные на базе нечеткой логики и нейронных сетей. При этом особое внимание сосредоточено на особенностях применения метода к синтезу САУ с запаздыванием различных классов, как одноконтурных, так и каскадных. Приведены примеры синтеза САУ промышленными объектами, имеющих адаптивные и робастные свойства и реализующих интеллектуальные методы.

Адресована научным работникам и инженерам при проектировании САУ сложными динамическими объектами и технологическими процессами, а также аспирантам специальностей 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами и 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

УДК: 62-52  
ББК 32.965

ISBN 978-5-88648-902-6

© Лубенцова Е.В., 2014  
© ФГАОУ «Северо-Кавказский  
федеральный университет», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. АНАЛИЗ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ .....	9
1.1. Анализ проблемы учета факторов неопределенности информации, характерных для управления сложными динамическими системами .....	9
1.2. Анализ методов синтеза систем управления динамическими объектами с параметрической неопределенностью .....	13
1.3. Анализ методов исследования нейросетевых систем управления динамическими объектами .....	19
1.4. Анализ методов и алгоритмов решения задач управления на базе нечеткой логики .....	21
Глава 2. МЕТОДЫ СИНТЕЗА РОБАСТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ТИПОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ .....	31
2.1. Интервальная динамическая модель многопараметрического объекта для синтеза робастной системы управления .....	31
2.2. Синтез и анализ робастной системы управления нестационарным объектом с запаздыванием на основе минимаксного подхода и критерия максимальной степени устойчивости .....	51
2.3. Методика параметрического синтеза робастных ПИД- регуляторов с использованием интервальной модели объекта с запаздыванием .....	61
2.4. Методы улучшения характеристик типовых промышленных регуляторов .....	71
2.5. Синтез системы управления с адаптивным ПИД- регулятором с использованием интервальной модели объекта с запаздыванием .....	78
Глава 3. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОБАСТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ .....	87

3.1. Анализ типов и структур систем с нейросетевыми моделями для робастного управления динамическими объектами .....	87
3.2. Сравнительный анализ алгоритмов обучения нейросетевой модели сложной динамической системы .....	93
3.3. Алгоритм определения структуры нейросетевой модели динамического объекта при наличии скрытых слоев .....	103
3.4. Оценка влияния параметров нейронной сети на качество переходного процесса в САУ на основе ортогонализации столбцов матрицы активно-пассивного эксперимента .....	110
<b>Глава 4. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА САУ С ДИНАМИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ .....</b>	<b>128</b>
4.1. Метод и алгоритм структурно-параметрического синтеза робастной интервальной системы с избирательным управлением .....	128
4.2. Структурно-параметрический синтез робастных САУ с динамическим выбором нелинейных алгоритмов управления ....	135
4.3 Метод и алгоритм структурно-параметрического синтеза робастной многомодульной нейросетевой системы управления с переменной структурой .....	149
<b>Глава 5. ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ .....</b>	<b>159</b>
5.1. Синтез адаптивной системы с аппроксимирующим управлением на основе нечеткой логики .....	159
5.2. Синтез и анализ каскадной САУ с использованием нечетких модифицированных нелинейных регуляторов .....	189
5.3. Построение каскадной САУ с использованием нейросетевых регуляторов в основном контуре системы .....	201
5.4. Исследование каскадной САУ с нейросетевыми регуляторами во внешнем и внутреннем контуре .....	210
5.5. Синтез нейро-нечеткой системы управления процессом непрерывной стерилизации .....	213
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>225</b>
<b>ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ .....</b>	<b>226</b>