

13/4916

МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (КВАЗИЛИНЕЙНЫЙ ПОДХОД)

А. Р. Гайдук



ЛАНЬ



А. Р. ГАЙДУК

МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ (КВАЗИЛИНЕЙНЫЙ ПОДХОД)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ЛАНЬ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР
2025

УДК 517
ББК 22.16я73

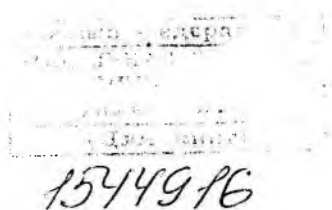
Г 14 **Гайдук А. Р. Методы синтеза нелинейных систем управления (квазилинейный подход) : учебное пособие для вузов / А. Р. Гайдук. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 288 с. : ил. — Текст : непосредственный.**

ISBN 978-5-507-50082-6

Учебное пособие посвящено изложению оригинальных инженерных методов синтеза нелинейных непрерывных, дискретных и гибридных систем управления объектами с дифференцируемыми нелинейностями на основе квазилинейных моделей. Книга ориентирована на специалистов проектных институтов и бюро, занимающихся разработкой высококачественных систем управления различного назначения.

Предназначено для магистрантов и аспирантов, обучающихся по направлениям «Автоматизация технологических процессов и производств», «Управление в технических системах».

УДК 517
ББК 22.16я73



Обложка
П. И. ПОЛЯКОВА

© Издательство «Лань», 2025
© А. Р. Гайдук, 2025
© Издательство «Лань», художественное оформление, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ	10
Глава 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ	12
1.1. Уравнения в переменных состояниях.....	12
1.2. Метод первого приближения	17
1.3. Метод функций Ляпунова	19
Глава 2. ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	26
2.1. Задача синтеза системы управления.....	26
2.2. Градиентное управление.....	29
2.3. Синтез многомерных нелинейных систем	38
2.4. Метод линеаризации обратными связями	43
2.5. Синтез систем управления методом «бэкстеппинг».....	49
Глава 3. СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КВАЗИЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	56
3.1. Квазилинейные модели	56
3.2. Аналитический синтез КЛМ	59
3.3. Численный метод синтеза КЛМ	64
3.4. Характеристики «вход-выход» КЛМ систем управления	72
3.5. Размещение собственных чисел матрицы КЛМ.....	75
3.6. Устойчивость положения равновесия нелинейных гурвицевых систем.....	82
3.7. АПМ-метод синтеза нелинейных систем	83
3.8. Примеры синтеза нелинейных систем управления.....	90
Глава 4. ГЛОБАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЛИНЕЙНЫХ ГУРВИЦЕВЫХ СИСТЕМ	97
4.1. Интегральные условия устойчивости в целом.....	97
4.2. Устойчивость нелинейных систем и преобразование Ляпунова	108
4.3. Корневые условия устойчивости нелинейных гурвицевых систем.....	114
4.4. Грубость нелинейных гурвицевых систем	125

Глава 5. СИНТЕЗ ОДНОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	136
5.1. Синтез астатических систем управления.....	136
5.2. Управление объектами с интервально-дифференцируемыми нелинейностями.....	147
5.3. Синтез нелинейных неаффинных систем управления.....	158
Глава 6. СИНТЕЗ СЕЛЕКТИВНО-ИНВАРИАНТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	172
6.1. Селективно-инвариантные системы управления.....	172
6.2. Модели внешних воздействий.....	173
6.3. Грубость селективно-инвариантных систем.....	177
6.4. Уравнения селективно-инвариантных систем управления.....	178
6.5. Постановка и решение задачи синтеза НСISУ.....	183
Глава 7. КВАЗИЛИНЕЙНАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ.....	200
7.1. Метод квазилинейной дискретизации.....	200
7.2. Синтез нелинейных дискретных систем управления.....	205
7.3. Синтез нелинейных гибридных систем управления.....	214
Глава 8. СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМОЙ ФОРМЫ ЖОРДАНА.....	224
8.1. Управляемая форма Жордана уравнений нелинейных объектов.....	224
8.2. Приведение уравнений объектов к УФЖ.....	233
8.3. Синтез нелинейных оптимальных систем управления на основе УФЖ.....	242
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	253
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	256
П.1. Стандартные нормированные передаточные функции.....	256
П.2. Функциональные матрицы и векторы.....	258
П.3. Характеристические значения матриц.....	267
П.4. Квадратичные формы.....	270
П.5. Канонические формы передаточных функций и уравнений в переменных состояния.....	272
П.6. Преобразование Лапласа и Z-преобразование.....	273
П.7. Квазилинейные модели некоторых функций.....	274
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	276
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	285