

В. Ю. ТЕРТЫЧНЫЙ-ДАУРИ

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
И ЭЛЕМЕНТЫ
ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ**



В. Ю. Тертычный-Даури

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
И ЭЛЕМЕНТЫ
ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ**



Москва
ФИЗМАТЛИТ
2016

ББК 22.25+22.161

Т 35

УДК 519.7+517.929+517.93, 517.958 : 531.3-1, 62-50

В. Ю. ТЕРТЫЧНЫЙ-ДАУРИ. Математическая механика и элементы теории устойчивости — М.: Физматлит, 2016. — 328 с. ISBN 978-5-94052-246-1.

Книга состоит из двух частей. В первой, исследовательской, части представлены оригинальные результаты по синтезу алгоритмов параметрического регулирования в задаче приведения динамических систем в устойчивое состояние, рассмотрены также разнообразные задачи обеспечения условной, оптимальной и стохастической устойчивости динамических систем с помощью надлежащей настройки их параметров. В приложении, которое составляет вторую часть книги, кратко изложены основы качественной теории устойчивости решений дифференциальных уравнений, важнейшие понятия, теоремы и методы Ляпунова в теории устойчивости, устойчивость систем автоматического управления и специальные вопросы теории устойчивости.

Для специалистов в области механики, теории устойчивости, управления, прикладной математики, инженерно-технических работников, аспирантов и студентов.
Библиогр. 303 назв.

Научное издание

ТЕРТЫЧНЫЙ-ДАУРИ Владимир Юрьевич

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 03.10.2016. Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,5. Уч.-изд. л. 23. Тираж 200 экз.
Заказ №

Издательство физико-математической литературы (Физматлит)
123182, Москва, ул. Шукинская, д. 12, корп. 1
Тел. (499) 720-41-53; (495) 971-26-04

Отпечатано с готовых pdf-файлов ООО «Р-КОПИ»
190000, г. Санкт-Петербург, пер. Гривцова, д. 6, лит. Б

ISBN 978-5-94052-246-1



9 785940 522461

© В. Ю. Тертычный-Даури, 2016

© Физматлит (оформление), 2016

Оглавление

Предисловие	6
Введение	8
Список обозначений и сокращений	11

Часть I

Устойчивость динамических систем с параметрами: оценки, критерии, алгоритмы

Глава 1. Робастные конечно-сходящиеся алгоритмы оценивания в задаче приведения динамических систем в устойчивое состояние	13
1.1. Нелинейные динамические системы. Задача обеспечения их устойчи- вости	15
1.2. Квазилинейные системы и обеспечение их устойчивости	24
1.3. Устойчивость динамических систем в условиях действия возмущений	35
1.4. Оптимальное приведение динамических систем в устойчивое состоя- ние	41
Глава 2. Некоторые задачи обеспечения условной устойчивости механических систем	46
2.1. Условные задачи голономной устойчивости	48
2.2. Условные задачи оптимальной голономной устойчивости	58
2.3. Условные задачи неголономной устойчивости	68
2.4. Гамильтоновы системы. Условные задачи устойчивости	75
Глава 3. Оптимальная устойчивость в задаче параметрического синтеза распределенных систем	85
3.1. Оптимальная устойчивость в системах с распределенными парамет- рами	86

3.2. Оптимальная устойчивость нестационарного температурного процесса	97
3.3. Оптимальная устойчивость магнитогидродинамических процессов ..	105
3.4. Обобщенные модели систем, описываемых параболическими и гиперболическими уравнениями	111
Глава 4. Обеспечение устойчивости стохастических систем регулированием их параметров	119
4.1. Стохастическая устойчивость липшицевых динамических систем, возмущенных белым шумом	120
4.2. Стохастическая устойчивость нелипшицевых динамических систем. Асимптотический анализ	132
4.3. Стохастическая устойчивость в задаче оптимального параметрического синтеза	148
4.4. Оптимальная устойчивость на ограниченном промежутке времени ...	152

Часть II

Приложение: элементы теории и сопутствующий справочный материал

Приложение 1. Устойчивость решений дифференциальных уравнений	159
П1.1. Основные понятия теории устойчивости	162
П1.1.1. Основные определения	162
П1.1.2. Общие свойства решений системы линейных ДУ	165
П1.1.3. Лемма Гронуолла-Беллмана	169
П1.2. Теоремы об устойчивости систем линейных дифференциальных уравнений	171
П1.3. Некоторые критерии устойчивости	181
П1.3.1. Критерий Гурвица	181
П1.3.2. Критерий Михайлова	185
П1.3.3. Критерий Рауса	187
П1.4. Устойчивость решений нелинейных дифференциальных уравнений ..	192
Приложение 2. Методы Ляпунова в теории устойчивости движения	199
П2.1. Первый метод Ляпунова	200
П2.1.1. Характеристические показатели. Основные определения ...	201
П2.1.2. Спектр и нормальные фундаментальные системы	202
П2.1.3. Приводимые и правильные системы	206

П2.1.4. Треугольная линейная система	209
П2.2. Первый метод Ляпунова (продолжение)	210
П2.3. Второй (прямой) метод Ляпунова	220
П2.4. Второй метод Ляпунова (продолжение)	229
Приложение 3. Устойчивость систем автоматического управления	236
П3.1. Абсолютная устойчивость	237
П3.1.1. Основные понятия и определения	237
П3.1.2. Квадратичный критерий	241
П3.1.3. Круговой критерий	242
П3.1.4. Критерий Попова	244
П3.2. Стабилизация управляемых движений	246
П3.2.1. Управляемость и наблюдаемость	246
П3.2.2. Стабилизуемость	249
П3.2.3. Стабилизуемость и уравнение Лурье–Риккати	252
П3.3. Устойчивость и оптимальность процессов управления	255
П3.3.1. Задачи о стабилизации и об оптимальной стабилизации	255
П3.3.2. Оптимальная стабилизация и второй метод Ляпунова	257
П3.4. Синтез стабилизирующих адаптивных управлений	263
П3.4.1. Синтез стабилизирующих регуляторов	263
П3.4.2. Алгоритм идентификационной настройки параметров	265
П3.4.3. Алгоритм прямой настройки коэффициентов регулятора	267
Приложение 4. Специальные вопросы теории устойчивости	269
П4.1. Устойчивость движения механических систем	270
П4.1.1. Движения	270
П4.1.2. Теорема Лагранжа и ее обращение	272
П4.1.3. Влияние диссипативных и гироскопических сил	276
П4.2. Устойчивость систем с распределенными параметрами	278
П4.2.1. Основные понятия и определения	278
П4.2.2. Устойчивость решений квазилинейных систем	282
П4.3. Устойчивость решений ДУ в банаховом пространстве	285
П4.3.1. Банахово пространство. ДУ в банаховом пространстве	286
П4.3.2. Устойчивость решений нелинейных уравнений	291
П4.4. Устойчивость стохастических систем	295
П4.4.1. Устойчивость	295
П4.4.2. Устойчивость систем стохастических уравнений	298
Задачи и упражнения	303
Литература к части I	309
Литература к части II	318