

Министерство образования Российской Федерации

Сибирский государственный технологический  
университет

**Г.А. Доррер**

# **Основы теории управления**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
вузов по университетскому политехническому образованию в  
качестве учебного пособия для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по направлению 654600  
(Информатика и вычислительная техника)  
и специальности 220400 Программное обеспечение  
вычислительной техники и автоматизированных систем*

**Красноярск 2003**

УДК 621.3.078

Г.А.Доррер

**Основы теории управления.** Учебное пособие для студентов направлений 552800 и 654600 всех форм обучения. - Красноярск: СибГТУ, 2003. - 228 с.

ISBN 5-8173-0142-3

Книга содержит материал, необходимый для освоения курса «Основы теории управления» студентами, обучающимися по направлениям 552800 и 654600 Информатика и вычислительная техника.

Изложены элементы теории управляемых динамических систем и классической теории автоматического регулирования. Впервые в учебной литературе рассмотрены элементы теории локализационного управления.

Приводятся упражнения и задания для самостоятельного выполнения, в том числе задание для курсового проектирования.

Рецензенты: д.т.н., проф. Б.Г. Трусов (МГТУ им. Баумана),  
методический совет СибГТУ

Работа поддержана ФЦП «Интеграция», проект А0020, направление 2.1.

© Г.А. Доррер

© Сибирский государственный технологический университет, 2003

## Оглавление

Предисловие .....	5
Часть I. Основы математической теории процессов управления .....	8
Введение .....	8
В.1. Основные понятия и определения .....	8
В.2. Некоторые программные средства, предназначенные для исследования систем управления .....	15
Глава 1. Примеры математических моделей объектов и систем управления .....	19
1.1. Модель процесса управления идеализированным двигателем .....	19
1.2. Макроэкономическая модель управления производством .....	28
1.3. Модель процесса распространения волны в сплошной среде .....	34
Глава 2. Элементы теории управляемых динамических систем .....	45
2.1. Определение управляемой динамической системы ...	45
2.2. Линейные динамические системы .....	51
2.3. Переходные функции линейных динамических систем .....	54
2.4. Спектральное разложение фундаментальных матриц .....	55
2.5. Области достижимости управляемых динамических систем. Принцип максимума .....	64
2.6. Управляемость и наблюдаемость динамических систем .....	77

2.7. Устойчивость динамических систем.....	83
Глава 3. Элементы классической теории регулирования	
линейных объектов .....	92
3.1. Интегральное преобразование Лапласа .....	92
3.2. Изображение по Лапласу линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Понятие передаточной функции .....	100
3.3. Структурные схемы и их преобразования .....	113
3.4. Переходные процессы .....	123
3.5. Частотные характеристики линейных динамических систем .....	128
3.6. Элементарные динамические звенья .....	133
3.7. Устойчивость замкнутых систем регулирования .....	151
3.8. О синтезе систем автоматического управления .....	166
Глава 4. Локализационное управление .....	176
4.1. Модель процесса локализации .....	177
4.2. Некоторые задачи локализационного управления ...	181
Часть II. Задания для самостоятельной работы .....	196
1. Задачи .....	196
2. Задание к курсовому проекту.....	210
3. Методические рекомендации для самостоятельного изучения курса .....	215
4. Вопросы к экзамену .....	217
Заключение .....	221
Библиографический список .....	226

## Библиографический список

1. Государственный образовательный стандарт высшего специального образования. Направление подготовки дипломированного специалиста 654600 - Информатика и вычислительная техника. -М.: Минобразование РФ, 2000.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. -М.-Л.: Энергия, 1965. Ч I. - 369 с., Ч II. - 372 с.
3. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования / Под редакцией В.В. Солодовникова. - Книга 1. -М.: Машиностроение, 1967. - 770 с.
4. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. -М.: Машиностроение, 1989. - 752 с.
5. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. -М.: Мир, 1971. - 400 с.
6. Рубан А.И. Методы оптимизации: Учебное пособие. - Красноярск: НИИ ИПУ, 2001. - 528 с.
7. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.В. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983. - 256 с.
8. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. -М.: Высшая школа, 1998. - 574 с.
9. Изерман Р. Цифровые системы управления. -М.: Мир, 1984. - 541 с.
10. Красовский Н.Н. Теория управления движением. -М.: Наука, 1968. - 476 с.

11. Основы теории оптимального управления  
/ Под редакцией В.Ф. Кротова.  
-М.: Высшая школа, 1990. - 430 с.
12. Г.А. Доррер. Описание динамики лесных пожаров как управляемых динамических систем. // Механика регулирующих сред и ее приложения.  
-Новосибирск: Наука, 1989. -С. 22-32.
13. Г.А. Доррер. Оценка параметров динамических систем по их областям достижимости. // Автоматика и телемеханика. -1986 - №1, -С.39-46.
14. G.A. Dorrer, S.V. Ushanov. Mathematical modelling and optimization of Forest Fire localization processes. // Fire in Ecosystems of Boreal Euroasia. -Dordrecht, Boston, London, Cluver Academic Publshes, 1996. -p.p.303-313.
15. F. Albini, G.N. Korovin, E.N. Gorovaya. Mathematical analysis of forest fire Suppresion.  
-Ogden: USDA FS RP INT-207, 1978. - 19 p.
16. СТП 3.4.204-01. Система вузовской учебной документации. Требования к оформлению текстовых документов. -Красноярск: СибГТУ, 2001. -45 с.
17. СТП 3.4.205-01. Единая система конструкторской документации. Требования к оформлению графических документов. -Красноярск: СибГТУ, 2001. -54 с.
18. Автоматизация управления предприятием / Баронов В.В., Калянов Г.Н. и др. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 239 с.

Доррер Георгий Алексеевич.

Основы теории управления.

Учебное пособие для студентов направлений 552800, 654600  
всех форм обучения.

Научный редактор д.т.н., проф. А.И. Рубан

Редактор РИО С.К. Патюкова

Техн. редактор Т.П. Попова

---

Подписано в печать 12.05.03 Сдано в производство 19.05.03

Формат 60Ч84 1/16. Бумага типографская. Тираж 300 экз

Печать офсетная. Усл.печ.л 14,25 Заказ Изд.№ 270.

Лицензия ИД № 06543 16.01.02.

---

Редакционно-издательский отдел СибГТУ

660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, тип. СибГТУ

## Предисловие

Учебник адресован студентам, специализирующимся в области программного обеспечения и информационных систем, при изучении дисциплины «Основы теории управления» в рамках односеместрового курса. Книга написана на основе курса лекций, которые автор читает студентам факультета автоматизации и информационных технологий Сибирского государственного технологического университета.

Математическая и инженерная теория управления - обширная и хорошо освоенная область знаний. Отбор материала для включения в учебник производился как на основе требований Государственных образовательных стандартов направлений 552800 и 654600 [1], так и исходя из опыта научной работы и взглядов автора на содержание подготовки специалистов в области информатики.

Предполагается, что студент изучил математику и методы вычислений, умеет алгоритмизировать и численно решать возникающие в данном курсе задачи. Кроме того, в распоряжении современного студента имеются мощные программные пакеты, в которых собрано огромное количество алгоритмов, в том числе относящихся к теории управления. Поэтому, например, нахождение корней характеристических уравнений не вызывает у студента особых проблем, и в связи с этим нет необходимости рассматривать приближенные графо-аналитические методы построения переходных процессов.

В то же время хотелось бы сохранить традиционную структуру курса теории автоматического управления, отразить историю развития идей этой теории, рассказать об основных ее разделах - насколько это возможно в тесных временных рамках.



К сожалению, в книге не отражен в достаточной степени традиционный для данного курса материал по статистической динамике систем управления. В соответствии с учебным планом близкий по содержанию материал излагается в курсах «Обработка экспериментальных данных» и «Цифровая обработка сигналов».

Теоретическая часть книги состоит из введения и четырех глав.

Во введении рассматриваются основные понятия и определения теории управления, дается классификация систем управления. Приводятся также краткие сведения о наиболее популярных программных системах, предназначенных для исследования систем управления.

В первой главе рассматриваются модели объектов управления, их линеаризация и исследование динамики. Наряду с традиционным для данного курса материалом - моделью управления идеализированным двигателем и макроэкономической моделью управления производством - здесь рассматривается модель объекта с распределенными параметрами и система управления, характерная для некоторых задач экологии и охраны природы. Эта модель демонстрирует понятие области достижимости динамических систем и оказывается полезной во второй и четвертой главах книги.

Вторая глава посвящена анализу управляемых динамических систем (УДС) во временной области. Здесь же кратко даются сведения об областях достижимости УДС, оптимальном управлении по быстродействию и понятия устойчивости по Ляпунову.

В третьей главе рассмотрены элементы классической теории регулирования - передаточные функции, структурные схемы, элементарные динамические звенья, частотные характеристики, критерии устойчивости для систем непрерывного и дискретного времени. Здесь же кратко рассмотрена теория аналитического конструирования регуляторов.

Четвертая глава содержит нетрадиционный для данного курса материал - теорию локализационного управления, которая возникла и развивалась в СибГТУ в последние годы в связи с исследованиями в области охраны лесов от пожаров. Этот материал может быть использован при углубленном изучении курса, а также как основа студенческих научных работ и в спецкурсах для магистрантов и аспирантов.

Помимо теоретического материала, учебник содержит задачи и упражнения по материалу курса, а также задание для выполнения курсового проекта.

В книге использовались как известные учебники и пособия, указанные в списке литературы, так и собственные работы автора, лежащие в русле данного курса.

Автор благодарен научному редактору книги д.т.н. профессору А.И. Рубану и рецензенту д.т.н. профессору МГТУ им. Баумана Б.Г. Трусову за замечания и предложения, сделанные при чтении книги.

Особая благодарность - Л.И. Макаровой за большую работу по оформлению книги.