

**В.И.ЗУБОВ**

---

**Лекции  
по теории  
управления**

В. И. ЗУБОВ

---

# Лекции по теории управления

*Допущено Министерством  
высшего и среднего специального образования СССР  
в качестве учебного пособия  
для студентов вузов, обучающихся  
по специальности «Прикладная математика»*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
Москва 1975

517.8  
З-91  
УДК 519.95

**Лекции по теории управления, В. И. Зубов.** Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1975.

Настоящая книга содержит решение проблемы стабилизации программных движений, включая их построение, а также методы синтеза управлений, в том числе построения оптимальных управлений.

На основе второго метода Ляпунова строится подход к нахождению необходимых и достаточных условий оптимальности в различных вариационных задачах, а также развиваются на этой основе вычислительные процедуры. Проводится анализ стохастических управляемых систем, систем, управляемых цифровым автоматом. В заключение дается решение проблемы определения положения и управления вращательным движением твердого тела.

Книга рассчитана на широкий круг инженеров, студентов старших курсов, аспирантов, научных работников, специализирующихся в области прикладной математики.

З  $\frac{20204-022}{053(02)-75}$  9-75

Главная редакция  
физико-математической литературы  
издательства «Наука», 1975

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава I. Проблемы стабилизации движения	7
§ 1. Линейные системы дифференциальных уравнений	7
§ 2. Построение программных движений в управляемых системах	36
§ 3. Устойчивость по Ляпунову программных движений	49
§ 4. Область асимптотической устойчивости	69
§ 5. Стабилизация программного движения	81
§ 6. Дискретные регуляторы	100
§ 7. Релейная стабилизация программного движения	105
Глава II. Оптимальные системы управления	112
§ 8. Понятие оптимальности	112
§ 9. Экстремум функции многих переменных	122
§ 10. Оптимальное демпфирование переходных процессов	127
Глава III. Аналитическая теория оптимальных регуляторов	161
§ 11. Синтез оптимального управления в линейных системах с бесконечным временем существования	161
§ 12. Нелинейный случай	182
§ 13. Системы с ограниченным временем	197
Глава IV. Проблема синтеза управления	210
§ 14. Линейная независимость скалярных и векторных функций	210
§ 15. Синтез линейных управлений	218
§ 16. Синтез управлений в квазилинейных системах и системах стабилизации	231
§ 17. Построение импульсных и релейно-импульсных управлений в линейной системе	248
§ 18. Релейно-импульсные управления в квазилинейных системах и системах стабилизации	254
§ 19. Синтез линейных инвариантных управлений	263
§ 20. Построение инвариантных управлений в квазилинейных системах и нелинейных системах в режиме стабилизации	268
§ 21. Синтез линейных управлений с последствием	271
§ 22. Построение управлений с запаздываниями в нелинейных системах	279
§ 23. Определение элементов движения в линейных системах	291
§ 24. Определение элементов движения в нелинейных системах	299
§ 25. Построение управлений в линейной задаче преследования	302
§ 26. Построение управлений в нелинейной задаче преследования	305
Глава V. Вычислительные методы приближенного нахождения оптимальных управлений	313
§ 27. Метод последовательных приближений для отыскания оптимальных программных движений	313

## ОГЛАВЛЕНИЕ

§ 28. Метод последовательных приближений для решения задачи синтеза оптимальных управлений . . . . .	331
§ 29. Метод направленного поиска коэффициентов усиления в системах управления . . . . .	343
§ 30. Движения нелинейных систем, определяемые краевыми условиями	347
<b>Глава VI. Системы управления, оптимальные по вероятности . . . . .</b>	<b>368</b>
§ 31. Стохастические системы дифференциальных уравнений . . . . .	368
§ 32. Программные управления в линейных системах, оптимальные по вероятности . . . . .	374
§ 33. Программная настройка коэффициентов усиления . . . . .	382
§ 34. К построению программного управления в случае нелинейной стохастической системы уравнений . . . . .	388
<b>Глава VII. Применение цифровых автоматов в системах управления</b>	<b>391</b>
§ 35. Предварительное рассмотрение общих свойств систем управления	391
§ 36. Управляющие автоматы и их структурная конструкция . . . . .	400
§ 37. Алгоритмическое описание усовершенствованной модели движения	404
§ 38. Исследование поведения объекта, управляемого автоматом релейной стабилизации . . . . .	407
<b>Глава VIII. Управление движением твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной точки . . . . .</b>	<b>410</b>
§ 39. Ориентация заданного направления . . . . .	410
§ 40. Ориентация осей, связанных с телом . . . . .	425
§ 41. Уравнения движения твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной точки и содержащего маховики . . . . .	432
§ 42. Решение задачи ориентации заданного направления с помощью маховиков . . . . .	436
§ 43. Решение задачи об ориентации осей тела с помощью маховиков	440
§ 44. Цифровой навигационный автомат . . . . .	445
§ 45. Определение направляющих косинусов связанных осей . . . . .	452
§ 46. Определение углов крена, рыскания, тангажа . . . . .	455
§ 47. Точность определения положения при двухвекторной системе контроля . . . . .	457
§ 48. Ситуация неопределенности, возникающая при определении ориентации . . . . .	465
§ 49. Определение положения оси собственного вращения в пространстве . . . . .	476
§ 50. Определение параметров свободного вращения динамически симметричного тела . . . . .	486
<b>Литература . . . . .</b>	<b>495</b>