

Г. Н. Яковенко

Краткий курс аналитической динамики

Рекомендовано
Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений
Российской Федерации по образованию
в области прикладных математики и физики
в качестве учебного пособия
по теоретической физике
(теоретической механике)
для студентов высших учебных заведений
по направлению
«Прикладные математика и физика»

4-е издание, электронное



Москва
Лаборатория знаний
2020

УДК 531(075.8)

ББК 22.21

Я47

Издание осуществлено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 02-01-00697 и Совета Программ поддержки ведущих научных школ по гранту НШ-2094.2003.1

Рецензенты:

кафедра теоретической физики

Московского инженерно-физического института

(государственного университета),

д. ф.-м. н. М. Ю. Овчинников

Яковенко Г. Н.

Я47 Краткий курс аналитической динамики / Г. Н. Яковенко. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 240 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-698-4

Курс посвящен изучению динамики конечномерных голономных механических систем с идеальными связями. Динамика обсуждается с привлечением уравнений Лагранжа, Гамильтона, уравнения Гамильтона—Якоби. Методы аналитической динамики используются для изучения вопросов устойчивости положения равновесия, поведения электромеханических систем.

Книга предназначена для студентов, аспирантов и преподавателей университетов, физико-технических и инженерно-физических вузов. Она будет полезна студентам технических вузов при изучении теоретической механики, а также специалистам, желающим углубить и расширить свои знания в области механики.

УДК 531(075.8)

ББК 22.21

Деривативное издание на основе печатного аналога: Краткий курс аналитической динамики / Г. Н. Яковенко. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. — 237 с. : ил. — ISBN 5-94774-124-5.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-698-4

© Лаборатория знаний, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Уравнения Лагранжа	5
§ 1. Основные определения. Кинематические формулы	5
§ 2. Структурная формула для уравнений Лагранжа	12
§ 3. Голономные системы. Обобщенные координаты	19
§ 4. Кинетическая энергия в обобщенных координатах	30
§ 5. Уравнения Лагранжа	35
§ 6. Уравнения Лагранжа при отсутствии в механической системе твердых тел	41
§ 7. Стационарно заданные системы: консервативные, гироскопические, диссипативные	51
§ 8. Обобщенный потенциал	55
§ 9. Обратная задача лагранжева формализма	57
§ 10. Электромеханические аналогии	66
Глава 2. Равновесие	71
§ 11. Определение положения равновесия	71
§ 12. Критерий равновесия стационарно заданной системы	73
§ 13. Потенциальный случай. Принцип возможных перемещений. Условия равновесия твердого тела	76
Глава 3. Устойчивость положения равновесия консервативной системы	83
§ 14. Устойчивость по Ляпунову. Функции Ляпунова	83
§ 15. Теоремы Ляпунова и Четаева о характере устойчивости нулевого решения	85
§ 16. Устойчивость перманентных вращений свободного твердого тела	88
§ 17. Условия устойчивости и неустойчивости равновесия консервативной системы	91
Глава 4. Малые колебания консервативной системы	97
§ 18. Постановка задачи о малых колебаниях	97
§ 19. Решение задачи о малых колебаниях	99
§ 20. Нормальные координаты	103
§ 21. Реакция консервативной системы на периодическое воздействие	106
§ 22. Случай нулевого корня в уравнении частот	108
Глава 5. Асимптотическая устойчивость	109
§ 23. Теоремы Барбашина—Красовского и Ляпунова	109
§ 24. Устойчивость диссипативных систем	112

§ 25. Устойчивость линейных автономных систем	115
§ 26. Устойчивые многочлены. Критерии Рауса—Гурвица и Михайлова	117
§ 27. Устойчивость по линейному приближению	122
§ 28. Вынужденные движения автономной системы. Частотные характеристики	128
Глава 6. Гамильтонова механика	135
§ 29. Канонические уравнения Гамильтона	135
§ 30. Первые интегралы гамильтоновых систем. Теорема Якоби—Пуассона. Уравнения Уиттекера	137
§ 31. Принцип Гамильтона. Замена переменных в уравнениях Лагранжа	144
§ 32. Теорема Эмми Нётер	151
§ 33. Характер экстремума действия по Гамильтону	156
§ 34. Интегральные инварианты. Принцип Мопертюи—Лагранжа	171
§ 35. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема	180
§ 36. Теорема Ли Хуачжуна о совокупности универсальных интегральных инвариантов первого порядка	185
Глава 7. Канонические преобразования. Уравнение Гамильтона—Якоби	191
§ 37. Канонические преобразования: определение, основной критерий	191
§ 38. Варианты выбора независимых переменных в основном критерии	195
§ 39. Фазовый поток гамильтоновой системы и канонические преобразования	205
§ 40. Следствия из основного критерия каноничности. Инволютивные системы	212
§ 41. Уравнение Гамильтона—Якоби	217
Литература	229
Предметный указатель	231