

АКТУАЛЬНАЯ И КЛАССИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Книга О. О'Рейли «Курс динамики для инженеров: единый подход к механике Ньютона – Эйлера и механике Лагранжа»

М.–Ижевск: НИЦ «РХД», ИКИ, 2011 г., 504 с.

Публикуются тексты предисловия к русскому изданию и авторского предисловия (с сокращениями).

В предлагаемой читателю книге американского профессора Оливера М. О'Рейли дается изложение наиболее содержательных для инженерных приложений разделов теоретической механики. Материал книги охватывает вопросы кинематики и динамики материальной точки, системы материальных точек, твердого тела и системы твердых тел. Данная книга написана на основе многолетнего опыта преподавания автором курса динамики твердого тела. Она существенно отличается от имеющихся учебников по механике, как по методике изложения, так и по комплексу рассмотренных в ней вопросов.

С методической точки зрения отличительной особенностью книги является применение автором единого подхода к выводу уравнений движения механических систем, а также применение аппарата тензорного анализа для изложения вопросов кинематики и динамики твердого тела. Другой характерной особенностью данной книги является большое разнообразие примеров и задач, охватывающих широкий круг вопросов современной механики и иллюстрирующих разработанные к настоящему времени аналитические и численные подходы к решению задач инженерной динамики.

Обширный список литературы, представленный в книге, содержит ссылки, как на классические работы по теоретической механике, так и на работы многих современных авторов. Ссылки на литературу даются по ходу изложения, что, при необходимости, позволит читателю, познакомиться с оригинальными работами и углубить свои знания в интересующих его вопросах. К сожалению, ссылки на учебники и научные труды российских авторов представлены неполно. В этой связи следует упомянуть «Курс теоретической механики» Н. В. Бутенина, Я. Л. Лунца и Д. Р. Меркина, сыгравший важную роль в подготовке отечественных инженеров, а также замечательный учебник А. П. Маркеева «Теоретическая



механика», ориентированный на подготовку студентов в области прикладной математики и механики. Более полный список литературы по многим разбираемым автором задачам можно найти в монографиях А. П. Маркеева «Линейные гамильтоновы системы и некоторые задачи об устойчивости движения спутника относительно центра масс» и «Динамика тела, соприкасающегося с твердой поверхностью».

В подготовке редакции данной книги принимали участие сотрудники кафедры теоретической механики Московского авиационного института: профессора Бардин Б. С., Холостова О. В. и доценты Зародов В. К., Прудников В. В., Сухоручкин Д. А. Мы стремились максимально сохранить оригинальный стиль автора, указывая при этом на замеченные неточности изложения, некоторые спорные утверждения автора или явные разночтения с принятой в русскоязычных учебниках терминологией.

Данная книга рассчитана на широкий круг читателей: студентов, аспирантов, преподавателей вузов.

От автора



Оливер М. О'Рейли
Калифорнийский ун-т, Беркли
www.me.berkeley.edu/~oreilly

Работа над этой книгой началась более десяти лет назад, когда мне впервые поручили вести два курса динамики твердого тела. В рамках первого курса мы изучали уравнения движения Лагранжа, а в рамках второго — уравнения Ньютона–Эйлера. Я долго пытался объединить эти два подхода к построению уравнений движения механических систем. По счастливой случайности, в то время один мой коллега, Джим Кейси, проводил исследования замечательных работ Синга [8–10] и его сотрудников, посвященных этому вопросу. В упомянутых работах частично решается задача объединения подходов Лагранжа и Ньютона–Эйлера. Кейси пошел еще дальше, показав, что уравнения движения для твердого тела, сформулированные в рамках обоих подходов, эквивалентны друг другу [1, 2]. С его результатом несколько перекликается ранняя работа Гринвуда [3], однако доказательство Кейси носит более точный, недвусмысленный характер. По ходу моей книги становится

очевидно, что, составляя лекции для своих курсов, я во многом опирался на исследования Кейси, которые были дополнены и расширены. Помимо Кейси, на мою работу повлияли исследования Папаставридиса [4] и Розенберга [5], а также результаты моих собственных исследований динамических систем, полученные в конце 1980-х гг. в аспирантуре при Корнеллском университете. Под руководством Филипа Холмса, Фрэнка Муна, Ричарда Рэнда и Энди Руина я, будучи аспирантом, усвоил, что уравнения движения (часто простых) механических систем, состоящих из материальных точек и твердых тел, могут иметь на удивление сложные свойства.

Эта книга отличается от традиционных учебников по инженерной динамике несколькими аспектами. Во-первых, в ней явным образом демонстрируется эквивалентность уравнений движения Лагранжа и Ньютона–Эйлера. При этом более детально рассматриваются вопросы, связанные с геометрией и криволинейными координатами, чем это принято в ана-

логичных учебниках. Во-вторых, при изучении вращения твердого тела здесь широко используются тензоры, подобно тому, как это делается в механике сплошных сред. Я считаю, что такой подход позволяет вывести многие фундаментальные результаты, относящиеся к кинематике твердого тела, более понятным образом.

Я постарался привести как можно больше примеров механических систем и ссылок на литературу с самыми последними результатами их исследований. Тем не менее моя книга далеко не такая исчерпывающая, как работы Папаставридиса [4] и Рауса [6, 7]. По ходу книги я довольно много цитирую этих и других замечательных авторов разных статей и книг по динамике, поэтому надеюсь, что заинтересованный читатель сможет без труда продолжить изучение этой полезной темы.

Как пользоваться книгой.

В этой книге содержится материал, достаточный для проведения двух полных курсов инженерной динамики. Материалы обоих курсов развиваются по своим собственным траекториям (иногда пересекающимися). В рамках первого курса изучается подход Ньютона–Эйлера. Эта тема раскрывается в следующих главах:

1. Кинематика материальной точки (раздел 1.5 можно опустить)
2. Кинетика материальной точки
- Приложение, посвященное тензорам
6. Тензоры вращения
7. Кинематика твердого тела
8. Связи, накладываемые на движение твердого тела, и потенциалы
9. Кинетика твердого тела
11. Системы многих тел

В рамках второго курса изучается подход Лагранжа. Эта тема раскрывается в следующих главах:

1. Кинематика материальной точки
2. Кинетика материальной точки
3. Уравнения движения Лагранжа для материальной точки
4. Уравнения движения Лагранжа для системы материальных точек
5. Динамика систем материальных точек
- Приложение, посвященное тензорам
6. Тензоры вращения (особенно раздел 6.8)
7. Кинематика твердого тела
8. Связи, накладываемые на движение твердого тела, и потенциалы
9. Кинетика твердого тела
10. Уравнения движения Лагранжа для твердого тела
11. Системы многих тел

Изучая на втором курсе вращения, можно ограничиться детальным рассмотрением параметризации тензора вращения в углах Эйлера (из шестой главы) и кратким перечнем примеров на динамику твердого тела (из девятой главы).

Почти все задачи в конце глав являются хорошо структурированными; они рекомендуются к самостоятельному решению. К задачам нет ответов, но я постарался сделать так, чтобы читатели всегда смогли получить точное решение задачи. В некоторых задачах есть элементы численного моделирования; такие задачи можно решать с помощью программных пакетов Matlab или Mathematica. Я не сопровождал каждую задачу решением по двум причинам: чтобы читатели поняли, почему так полезно строить систему дифференциальных уравнений для системы, и чтобы они научились визуализировать поведение системы, прогнозируемое моделью. Помимо прочего, я настоятельно рекомендую студентам участвовать по ходу семестра в проектах, которые могли бы помочь им более детально вникнуть в конкретную проблему, например в динамику кельтского камня, полет спортивной летающей тарелки, переориентацию двухспинового спутника. Мои студенты участвуют в таких проектах парами, используя при решении элементы моделирования и анимации; к проектам они приступают после седьмой (из пятнадцати) недели семестра.

В основе книги лежат лекции и упражнения из двух курсов динамики (ME170, Engineering Mechanics III и ME175, Intermediate Dynamics), которые я преподаю на кафедре инженерной механики в Калифорнийском университете (г. Беркли) последние десять лет. Одна из целей этих курсов — обучить выпускников и начинающих аспирантов навыкам инженерной механики в области динамики твердого тела. Можно сказать, что эта книга является продолжением другой моей книги «Инженерная динамика: начальный курс» (Springer-Verlag, 2001).

Список литературы

- [1] J. Casey. Geometrical derivation of Lagrange's equations for a system of particles. *Amer. J. Phys.*, 62:836–847, 1994.
- [2] J. Casey. On the advantages of a geometrical viewpoint in the derivation of Lagrange's equations for a rigid continuum. *J. Appl. Math. Phys.*, 46:805–847, 1995.
- [3] D. T. Greenwood. *Principles of dynamics*. 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.
- [4] J. G. Papastavridis. *Analytical mechanics: A comprehensive treatise on the dynamics of constrained systems, for engineers, physicists, and mathematicians*. Oxford University Press, Oxford, 2002.
- [5] R. M. Rosenberg. *Analytical dynamics of discrete systems*. Plenum, New York, 1977.
- [6] E. J. Routh. *The advanced part of a treatise on the dynamics of a system of rigid bodies*. 6th ed. Macmillan, London, 1905. (См. также: Паус Э. Дж. Динамика системы твердых тел: В 2-х тт. Москва: Наука, 1983. 464 с., 544 с.)
- [7] E. J. Routh. *The elementary part of a treatise on the dynamics of a system of rigid bodies*. 7th ed. Macmillan, London, 1905. (См. также: Паус Э. Дж. Динамика системы твердых тел: В 2-х тт. Москва: Наука, 1983. 464 с., 544 с.)
- [8] J. L. Synge. *Tensorial methods in dynamics*. (University of Toronto Studies, Applied Mathematics Series, vol. 2.) University of Toronto Press, Toronto, 1936. (См. также: Синг Д. Л. Тензорные методы в динамике. Москва: Гос. изд-во иностр. лит-ры, 1947. 44 с.)
- [9] J. L. Synge and B. A. Griffith. *Principles of mechanics*. 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 1959.
- [10] J. L. Synge and A. Schild. *Tensor calculus*. University of Toronto Press, Toronto, 1949.

Book review: O. M. O'Reilly "Intermediate dynamics for engineers: A unified treatment of Newton – Euler and Lagrangian mechanics"

Citation: *Rus. J. Nonlin. Dyn.*, 2011, vol. 7, no. 3, pp. 719–722 (Russian)

