

УДК 521.3(075)+629.78(075)
ББК В62я7+О643я7
Г687

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Ю.М. Заболотнов;
д-р техн. наук, проф. П.К. Кузнецов

Горелов, Юрий Николаевич

Г 687 Моделирование движения искусственного спутника Земли:
учебное пособие / *Ю.Н. Горелов, Л.В. Курганская.* – Самара: Изда-
тельство Самарского университета, 2023. – 96 с.

ISBN 978-5-7883-1934-6

В учебном пособии изложены теоретические основы моделирования движения искусственного спутника Земли (ИСЗ). Невозмущенное (кеплерово) движение ИСЗ представлено моделями по результатам решения классической задачи небесной механики – задачи двух тел в виде соответствующих интегралов площадей, энергии и Лапласа. Дано описание кеплеровых элементов орбиты ИСЗ и их связь с прямоугольными координатами (и скоростями) ИСЗ в геоцентрических инерциальной и гринвичской системах координат. Моделирование возмущенного движения ИСЗ в основном представлено моделями движения в оскулирующих элементах с учетом несферичности Земли и нецентральности ее поля тяготения, а также с учетом сил сопротивления, обусловленных влиянием верхних слоев атмосферы.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, 01.04.01 Математика и по специальности 01.05.01 Фундаментальные математика и механика. Пособие будет полезно для аспирантов и научных работников и инженеров, для которых проблемы динамики, баллистики и управления движением летательных аппаратов представляют интерес.

УДК 521.3(075)+629.78(075)
ББК В62я7+О643я7

ISBN 978-5-7883-1934-6

© Самарский университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ.....	8
1.1 Задача двух тел.....	8
1.2 Первые интегралы задачи двух тел	12
1.2.1 Интеграл площадей	12
1.2.2 Интеграл энергии	14
1.2.3 Интеграл Лапласа	16
1.3 Уравнение орбиты спутника и компоненты его скорости.....	18
1.3.1 Уравнение орбиты спутника	18
1.3.2 Компоненты скорости спутника	21
1.3.3 Законы Кеплера	22
1.4 Параметры кеплеровой орбиты ИСЗ.....	25
1.4.1 Элементы орбиты спутника	25
1.4.2 Определение положения и скорости спутника по элементам его орбиты	28
1.4.3 Определение элементов орбиты спутника по его положению и скорости в инерциальной и гринвичской системах координат	32
2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМУЩЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ	38
2.1 Уравнения возмущенного движения ИСЗ.....	38
2.2 Уравнения возмущенного движения ИСЗ в оскулирующих элементах.....	42
2.2.1 Вспомогательные построения и соотношения	42
2.2.2 Вычисление производных $d\Omega/dt$, di/dt и du/dt	45

2.2.3 Вычисление производных $d\omega/dt$, dp/dt и de/dt	49
2.2.4 Сводка уравнений движения ИСЗ в оскулирующих элементах	52
2.3 Гравитационное поле Земли и влияние его отклонений от центрального на движение ИСЗ	61
2.3.1 Нормальный потенциал сил притяжения Земли	61
2.3.2 Влияние несферичности Земли на элементы орбиты ИСЗ.....	64
2.4 Возмущающие воздействия на движение ИСЗ верхней атмосферы Земли	71
2.4.1 Краткие сведения о верхней атмосфере Земли	71
2.4.2 О моделировании сопротивления верхних слоев атмосферы движению ИСЗ	75
2.5 Краткие замечания о некоторых факторах, влияющих на движение ИСЗ	82
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Гравитационное поле и фигура Земли	87