

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет прикладной математики и информатики

Кафедра вычислительной математики

Аннотация к дипломной работе

**«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ МАНЁВРОВ ПРИ
МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПЕРЕЛЁТАХ»**

Николаюк Никита Валентинович

Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук, доцент ФПМИ
Тетерев А. В.

Минск, 2025

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа, 62 страниц, 14 иллюстраций, 29 формул, 12 источников.

Ключевые слова: ГРАВИТАЦИОННЫЕ МАНЕВРЫ, ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ, ЗАДАЧА ЛАМБЕРТА, МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПЕРЕЛЕТЫ, ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ, КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ.

Объектом исследования является проблема нахождения траектории космических аппаратов при выполнении гравитационных маневров в гравитационных полях планет Солнечной системы.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы моделирования гиперболических траекторий и оптимизации межпланетных перелетов на основе задачи Ламберта.

Целью работы является разработка и реализация программного инструмента для моделирования межпланетных перелетов с использованием гравитационных маневров.

Методами исследования являются аналитическое решение уравнений движения в рамках задачи двух тел, численные методы Рунге-Кутты и алгоритмы решения задачи Ламберта, в частности метод Иззо.

Полученные результаты и их новизна: успешно разработана математическая модель, описывающая влияние гравитационных маневров на траекторию и скорость летательного аппарата, создано программное обеспечение для визуализации траекторий и анализа изменений скорости, проведена имитация маневров ускорения и торможения, повторены полеты космических аппаратов «Новые горизонты» и «Вояджер-2», а также найден возможный полет, повторяющий путь «Вояджера-2».

Достоверность материалов и результатов дипломной работы: использованные материалы и результаты дипломной работы являются достоверными. Работа выполнена самостоятельно.

Областью возможного практического применения является проектирование межпланетных миссий и оптимизация траекторий.

АНАТАЦЫЯ

Дыпломная праца, 62 старонкі, 14 ілюстрацый, 29 формул, 12 крыніц.

Ключавыя словы: ГРАВІТАЦЫЙНЫЯ МАНЕЎРЫ, ЛЯТАЛЬНЫ АПАРАТ, ЗАДАЧА ЛАМБЕРТА, МІЖПЛАНЕТНЫЯ ПЕРАЛЁТЫ, АПТЫМІЗАЦЫЯ ТРАЕКТОРЫЙ, КАСМІЧНЫЯ МІСІІ.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца праблема знаходжання траекторыі касмічных апаратаў пры выкананні гравітацыйных манеўраў у гравітацыйных палях планет Сонечнай сістэмы.

Прадметам даследавання з'яўляюцца метады і алгарытмы мадэлявання гіпербалічных траекторый і аптымізацыі міжпланетных пералётаў на аснове задачы Ламберта.

Мэтай даследавання з'яўляецца распрацоўка і рэалізацыя праграмнага інструмента для мадэлявання міжпланетных пералётаў з выкарыстаннем гравітацыйных манеўраў.

Метадамі даследавання з'яўляюцца аналітычнае рашэнне раўнанняў руху ў рамках задачы двух тэл, лікавыя метады Рунге-Кутта і алгарытмы рашэння задачы Ламберта, у прыватнасці метада Іззо.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: паспяхова распрацавана матэматычная мадэль, якая апісвае ўплыў гравітацыйных манеўраў на траекторыю і хуткасць лятальнага апарата, створана праграмнае забеспячэнне для візуалізацыі траекторый і аналізу змяненняў хуткасці, праведзена імітацыя манеўраў паскарэння і тармажэння, паўтораны палёты касмічных апаратаў «новыя гарызонты» і «Вояджэр-2», а таксама знойдзены магчымы палёт, паўтаралы шлях «Вояджэра-2».

Даставернасць матэрыялаў і вынікаў дыпломнай працы: выкарыстаныя матэрыялы і вынікі дыпломнай працы з'яўляюцца дакладнымі. Праца выканана самастойна.

Вобласцю магчымага практычнага прымянення з'яўляецца праектаванне міжпланетных місій і аптымізацыя траекторый.

ANNOTATION

Diploma work, 62 pages, 14 illustrations, 29 formulas, 12 sources.

Keywords: GRAVITY ASSISTS, SPACECRAFT, LAMBERT'S PROBLEM, INTERPLANETARY FLIGHTS, TRAJECTORY OPTIMIZATION, SPACE MISSIONS.

The object of the research is the problem of finding the trajectory of spacecraft when performing gravitational maneuvers in the gravitational fields of the planets of the Solar system.

The subject of the research is methods and algorithms for modeling hyperbolic trajectories and optimizing interplanetary flights based on the Lambert problem.

The purpose of the research is to develop and implement a software tool for modeling interplanetary flights using gravitational maneuvers.

Methods of research are the analytical solution of the equations of motion within the framework of the two-body problem, numerical Runge-Kutta methods and algorithms for solving the Lambert problem, in particular the Izzo method.

The results of the work and their novelty: a mathematical model describing the effect of gravitational maneuvers on the trajectory and speed of an aircraft has been successfully developed, software for visualizing trajectories and analyzing speed changes has been created, acceleration and deceleration maneuvers have been simulated, flights of the New Horizons and Voyager 2 spacecraft have been repeated, and a possible flight has been found., repeating the path of Voyager 2.

Authenticity of the materials and results of the diploma work: the materials used and the results of the diploma work are authentic. The work has been put through independently.

Recommendations on the usage. The results of the work can be used in the design of interplanetary flights and trajectory optimization.