

УДК 51-74

Математическое моделирование движения напланетного аппарата

Карташев Владимир Алексеевич^(*)

kartss@list.ru

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

Аннотация. Математическое моделирование является составной частью разработки аппаратов для исследования других планет. В докладе дается обзор существующих программных пакетов моделирования движения колесных аппаратов. Показано, что существующие программные средства не обладают возможностями, которые необходимы для разработки управления и исследования проходимости по сложной поверхности, либо по скорости, либо по точности моделирования. Для преодоления существующих проблем предлагается использовать метод имитационного моделирования, который основан на точном решении геометрической задачи положения аппарата на поверхности.

Ключевые слова: математическое моделирование движения, колесное шасси, напланетный исследовательский аппарат

Введение. Создание исследовательского аппарата, предназначенного для выполнения сложной миссии на Луне или планете, является трудной технологической задачей, которая связана с изучением большого разнообразных аспектов его движения по поверхности планеты: определение сцепных свойств колес с грунтом, энергетических затрат на движение, тяговых возможностей двигателей, разработкой управления движением. Большая часть таких исследований осуществляется посредством компьютерного моделирования.

Для этих целей часто используется программная система моделирования многоэлементной динамики MSC ADAMS, разработанная компанией Hexagon's MSC Software [1]. Движение аппарата получается интегрированием уравнений динамики.

Достоинством такого способа определения положения аппарата является достаточно высокая точность. Недостатки состоят в большом объеме вычислений при малом шаге интегрирования и быстром накоплении ошибки со временем движения и величиной пройденного пути. Для того чтобы визуализировать движение на заданном интервале времени требуется потратить на 2 порядка больше времени для интегрирования уравнений.

Отмеченные достоинства и недостатки имеют место для всех систем графического твердотельного моделирования, в которых движения получается интегрированием уравнений таких как Autodesk Inventor [2], «Универсальный механизм» [3].

Одним из способов решения проблемы уменьшения объема вычислений является вычисление положения аппарата путем решения геометрической задачи.

Методы и результаты. В работе описывается алгоритм определения положения колесного шасси в вертикальной плоскости. Алгоритм используется в разработанной двумерной модели движения колесного аппарата, кинематическая схема которого соответствует схемам современных исследовательских напланетных аппаратов.

Приводятся результаты моделирования движения по неровной поверхности, которые иллюстрируют возможности использования модели для оценки геометрической и динамической проходимости аппарата.

Заключение. Существующие средства моделирования движения колесных аппаратов имеют ряд ограничений, которые затрудняют использование их для разработки конструкции и управления для перемещения по сложной поверхности.

Описываемая в работе система имитационного моделирования позволяет достичь существенно более высоких скоростей моделирования и точности получаемых результатов.

Список источников

- [1] *Basic ADAMS/Full Simulation (ADM 701)*. Москва, Московское представительство MSC.Software GmbH, 2005, 754 с.
- [2] Концевич В.Г. *Современный самоучитель работы в Autodesk Inventor*. Москва, ДМК-Пресс, 2009, 672 с.
- [3] Поляков К.А. *Моделирование кривошипно-ползунного механизма в программном комплексе «Универсальный механизм»*. Самара, Изд-во Самарского университета, 2008, 42 с.
- [4] *Быстрый риг 3D автомобиля с помощью аддона Rigacar в Blender 3.3*. URL: http://blenderkey.tilda.ws/rigacar_addonblend.2023 (дата обращения 17.11.2025).