

Стабилизация стационарных движений одноколёсного экипажа

Научный руководитель – Морозов Виктор Михайлович

Карчевский Александр Сергеевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,
Москва, Россия

E-mail: r4fiky@gmail.com

Рассматривается достаточно сложная механическая система, моделирующая движения человека на одноколёсном велосипеде, отличающаяся от рассмотренных ранее. Публикаций, посвящённых различным подобным моделям, достаточно много [1, 2]. Выбранная модель представляет собой систему твёрдых тел и материальной точки: диск (колесо), катящийся по горизонтально плоскости без проскальзывания; маятник, поворачивающийся вокруг оси диска; ротор, вращающийся вокруг другой главной оси инерции маятника; стержень, прикрепленный к маятнику перпендикулярно плоскости диска; и груз, который может перемещаться вдоль стержня, моделирующий наклоны ездока в стороны. Состояние данной системы описывается восемью обобщёнными координатами: двумя горизонтальными координатами центра диска, тремя углами Эйлера, определяющие положение диска; углом наклона маятника, углом поворота ротора и координатой груза на стержне. На систему наложены неголономные связи, представляющие собой условия непроскальзывания. В качестве уравнений движения используются уравнения движения неголономных систем в форме Чаплыгина. Особый интерес представляют стационарные движения данной системы, исследование их устойчивости и возможности стабилизации при помощи тех или иных управляющих воздействий. Стационарными являются движения, в ходе которых сохраняются постоянными циклические скорости и позиционные координаты. Были получены уравнения, задающие многообразие таких движений. Во всех из них маятник должен быть расположен вдоль оси наибольшего ската колеса. Отдельно отмечен поворот вокруг вертикальной оси, проходящей через груз, вынесенный из плоскости диска ("мельничный жёрнов"), отличающий эту модель от ранее рассмотренных. Для прямолинейного качения, верчения на месте и нового стационарного движения были получены необходимые условия устойчивости, накладывающие ограничения на скорость ротора, скорость собственного вращения диска и положение груза. Для достижения асимптотической устойчивости этих движений необходимо вводить те или иные стабилизирующие воздействия. В данной модели в качестве таких воздействий рассматриваются следующие: момент между маятником и диском вдоль их общей оси, момент между маятником и ротором вдоль оси последнего и сила, перемещающая груз. Анализ возможности стабилизации сводится к исследованию управляемости системы, линеаризованной в окрестности определённого стационарного движения, при наличии указанных управляющих воздействий. Для некоторых движений были получены условия управляемости в зависимости от параметров системы. Для этих движений построен алгоритм стабилизации в виде линейной обратной связи. Эффективность построенного алгоритма подтверждена численным моделированием.

Источники и литература

- 1) Каленова В.И., Морозов В.М., Шевелева Е.Н. Устойчивость и стабилизация движения одноколесного велосипеда. // МГТ. 2001. Вып. 4. С. 49-58.

- 2) Cardini S.B. A history of the monocyclus stability and control from inside the wheel. // IEEE Control Systems. 2006. Vol. 26. № 5. Pp. 22-26.