

**Оптимальная стабилизация стационарных движений моноцикла**

**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*

Рассматриваемая модель состоит из следующих частей: диска, катящегося по горизонтальной плоскости без проскальзывания; маятника, поворачивающегося вокруг оси диска; ротора, вращающегося внутри маятника; невесомого стержня, закреплённого на маятнике перпендикулярно плоскости диска, и груза, перемещаемого вдоль стержня. Данная сложная конструкция призвана моделировать движение человека на моноцикле или одноколёсного робота.

Для описания состояния системы использовано восемь обобщённых координат: угол поворота диска вокруг вертикали, угол наклона диска относительно плоскости, угол собственного вращения диска, угол собственного вращения ротора, угол поворота маятника, расстояние от груза до плоскости диска, абсцисса и ордината центра диска в неподвижной системе координат, связанной с плоскостью. На данную механическую систему наложены неголономные связи, выражающие условие непроскальзывания. Были записаны уравнения движения неголономной механической системы в форме Чаплыгина.

Стационарными для данной системы являются движения, в ходе которых сохраняются циклические скорости и позиционные координаты. Было найдено многообразие стационарных движений, состоящее из группы прецессий с наклонённым диском и нескольких движений с вертикальным диском: верчения на месте, прямолинейного качения и поворота вокруг вертикальной оси, проходящей через груз. Во всех стационарных движениях маятник расположен вдоль оси наибольшего ската. Для ряда стационарных режимов с вертикальным диском были сформулированы необходимые условия устойчивости.

Для стабилизации стационарных движений конструкции используются следующие управляющие воздействия: момент в общей оси маятника и диска; момент, раскручивающий ротор, и сила, перемещающая груз. Для некоторых стационарных режимов была исследована управляемость и найдена управляемая подсистема. Для этих режимов был построен алгоритм стабилизации в форме обратной связи и с помощью численного моделирования показана его эффективность.

Были выбраны некоторые измеряемые компоненты вектора состояния системы, и была исследована наблюдаемость системы в окрестности ряда стационарных режимов. Для данных режимов с помощью фильтра Калмана была получена оценка вектора состояния системы и построены алгоритмы стабилизации в форме обратной связи по полученным оценкам.