

**ОТЗЫВ научного руководителя
на выпускную квалификационную работу обучающегося СПбГУ
по основной образовательной программе бакалавриата
«Прикладная математика, фундаментальная информатика и программирование»
РЫБАЛКИНА Алексея Александровича на тему
«Управление балансирующим роботом на сферическом колесе»**

Выпускная квалификационная работа А.А. Рыбалкина посвящена вопросам стабилизации балансирующего робота на сферическом колесе под управлением четырех актуаторов с омни-колесами. Данный вид роботов является одним из частных случаев системы типа обратный маятник и достаточно интересен с точки зрения автоматического управления, поскольку, с одной стороны, может двигаться в любом направлении на плоскости, а с другой стороны необходима постоянная стабилизация вертикального положения. Таким образом, рассматриваемая тема является достаточно актуальной.

Довольно большая часть работы посвящена выводу математической модели робота: кинематической и динамической. Стоит отметить, что динамика системы в данном случае достаточно сложна. Вывод осуществляется на основе энергии системы и уравнений Аппеля. Для формирования итоговых уравнений с конкретными параметрами используются символьные вычисления в пакете Maple. Таким образом, автор демонстрирует глубокое понимание теоретической механики, а также знания современных пакетов математических вычислений.

Для стабилизации вертикального положения робота синтезировано два регулятора: ПИД и LQR. При этом для последнего варианта автором проведена линеаризация уравнений динамики относительно вертикального положения, приведены полученные матрицы.

Для проверки адекватности полученной математической модели, а также работоспособности синтезированного управления А.А. Рыбалкиным реализован программный комплекс в среде Matlab-Simulink. На примере нескольких численных экспериментов продемонстрировано, что робот действительно возвращается в вертикальное положение при небольших начальных отклонениях. При этом LQR-регулятор оказывается более эффективным, чем ПИД. Полученная система управления может быть применена на реальном стенде, что является целью дальнейших исследований.

В процессе выполнения выпускной работы автор продемонстрировал высокий уровень понимания основ математического моделирования и теории управления. Следует отметить также отличное владение современными компьютерными технологиям.

На основании изложенного и оценивая общий объем работы, а также активность автора в процессе исследования, считаю, что выпускная квалификационная работа А.А. Рыбалкина заслуживает оценки **"отлично"**, а её автор – присвоения квалификации бакалавра.

**Научный руководитель,
к.ф.-м.н., доцент**

Коровкин М.В.