

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Терехова Георгия Павловича на тему «Исследование динамики, планирование траекторий, управление сферороботами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика

Актуальность темы исследований. В последнее время существует большое разнообразие роботов, различных и по назначению, и по конструкции. Особый класс среди мобильных роботов составляют роботы, перемещение которых основано на принципе качения; внутри этого класса представляют интерес аппараты, имеющие форму шара, обладающие рядом преимуществ: в частности, корпус такого аппарата может быть герметичным и защищенным от внешних воздействий, а сферическая форма позволяет совершать движение в любом заданном направлении.

С точки зрения теоретической механики, изучение движения подобного аппарата сводится к задаче о движении по плоскости шара Чаплыгина. Решение подобных задач, в свою очередь, существенно зависит от принимаемой модели взаимодействия между сферической оболочкой и плоскостью. Зачастую применяется модель абсолютно шероховатой плоскости. Кроме того, шар как правило предполагается уравновешенным: его центр масс и геометрический центр совпадают.

Вместе с тем, реальные эксперименты показывают, что во многих случаях достигаются эффекты, невозможные в указанных выше предположениях, в частности, робот в ряде случаев не может начать движение. Кроме того, использование неголономных моделей подвергается в последнее критике многих известных авторов. Наконец, предположение о совпадении центра масс с геометрическим центром на практике оказывается почти всегда невозможным.

Исходя из вышеперечисленного, для построения алгоритмов управления роботом, применимых к реальным ситуациям, необходимо использование более сложных моделей трения, а также отказ от совпадения центра масс робота с его геометрическим центром. Полученные в работе Г.П. Терехова алгоритмы управления сферороботом позволяют решить задачу нахождения этих управлений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Автор достаточно корректно обосновывает актуальность темы диссертации, определяет объект и предмет исследования, формулирует цель и определяет задачи исследования.

Автор формулирует основные предположения и допущения в работе, на основании которых строит механическую модель сферических роботов,

предполагаемых системами абсолютно твердых тел. В движение роботы приводятся посредством вращения располагающихся внутри дисков-маховиков, генерирующих внутренний кинетический момент. В работе используется широко известные и активно применяемые модели контактного взаимодействия между катящимся телом (сферической поверхностью робота) и плоскостью, такие как модель абсолютно шероховатой плоскости, вязкого трения. Также рассмотрена задача в рамках относительно новой модели трения, предложенной А.В. Карапетяном, обобщающая некоторые другие модели (в частности, Кулона и Контенсу-Журавлева). Для решения обратной задачи динамики используются общие теоремы динамики, а именно законы изменения импульса и кинетического момента. Уравнения автор использует как в векторном виде, так и в локальных координатах, которыми являются углы Эйлера.

Методики, использованные автором, а также проведенное им исследование динамики не вызывают сомнений. Численное моделирование позволяет оценить качество представленных аналитических результатов, а также эффективность предложенных алгоритмов для управления роботами.

Научные выводы, предложенные автором для дальнейшего применения в практических задачах об управлении сферороботами, в достаточной степени обоснованы.

Оценка новизны и достоверности. В качестве новых научных результатов можно выделить:

- Решение обратной задачи динамики для сферического робота на плоскости с различными моделями контактного взаимодействия (абсолютно шероховатая плоскость, плоскость с вязким трением, плоскость с двухпараметрическим трением А.В.Карапетяна)
- Решение обратной задачи динамики для сферического робота с центром масс вне геометрического центра
- Исследование свойств сил и моментов трения в модели А.В.Карапетяна, нахождение двух предельных режимов для свободного прямолинейного движения робота.
- Определение условий возможности движения для робота в рамках двухпараметрической модели трения

В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями технической отрасли. Результаты работы позволяют создать управляющие алгоритмы для движения сферических роботов в условиях различных поверхностей, а также объясняют результаты практических экспериментов, в частности показывающих невозможность движения в ряде случаев. Согласно проведенному в работе анализу, можно подбирать необходимые

материалы для сферической оболочки роботов, а также электродвигатели с требуемыми параметрами. Выполненное в работе исследование для шаров с центром масс, не совпадающим с геометрическим центром, позволяет определить необходимость динамической балансировки, а в случае ее невозможности, скорректировать алгоритмы управления.

Достоверность научных положений и полученных результатов гарантируется в работе корректным использованием математических моделей и методов. Кроме того, имеет место совпадение с реальными экспериментальными данными, проводимыми для робота-шара SpheRob; совпадением модельных результатов расчетов, полученных другими авторами; проведенными экспериментами с помощью численного моделирования.

Основные результаты диссертации опубликованы в шести печатных работах, в том числе, в двух статьях журналов из перечня ВАК по специальности 01.02.01. Они неоднократно обсуждались на различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

Замечания по диссертационной работе в целом.

1. Обратная задача динамики в работе решена для различных моделей контактного взаимодействия: модели абсолютно шероховатой плоскости, моделей вязкого двухпараметрического трения. Вместе с тем, хотелось бы более подробного сравнения получившихся результатов между собой, а также границы применимости моделей в реальных ситуациях
2. В работе рассмотрены три конструктивно отличающихся робота, а также роботы с центром масс в геометрическом центре шара и вне его. Вместе с тем, в работе не сделан акцент на то, существуют ли реальные аппараты или их прототипы, и насколько их массово-инерционные характеристики совпадают с модельными. Также, хотелось бы понять, какие из предложенных конструкций проще с конструктивной точки зрения, а какие более эффективны и удобны в смысле управления этими аппаратами.
3. Для решения обратной задачи динамики были предложены определенные законы движения. Вместе с тем, ничего не сказано о том, по каким критериям осуществлялся этот выбор.
4. В работе обнаружены опечатки, существуют места где не до конца согласованы предложения

Отмеченные недостатки не влияют на мою положительную оценку диссертации в целом.

Заключение. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа Терехова Георгия Павловича содержит решение крупной актуальной научно проблемы связанной с изучением динамики и построения

управления сферическим роботом (в рамках различных моделей трения (в т.ч. двухпараметрическим трением А.В. Карапетяна) для решения многих практических задач, что отвечает квалификационным требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика.

Официальный оппонент - заведующий кафедрой «Механика, мехатроника и робототехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», доктор технических наук, профессор



Яцун Сергей Федорович

«20» сентября 2019 г.

Специальность по которой защищалась диссертация: 01.02.06 – Динамика, прочность машин приборов и аппаратуры (технические науки).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к.218

Телефон/факс: +7 (4712) 22-2626

E-mail: teormeh@inbox.ru



Подпись
удостоверяю
Специалист по кадрам

