

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ТЕРЕХОВА Г.П. «Исследование динамики, планирование траекторий, управление сферороботами» на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертация Терехова Г.П. посвящена анализу процессов управления движением сферического мобильного робота на горизонтальной плоскости. Такие роботы обладают высокой маневренностью, что и определяет интерес к их применению, в том числе в условиях заранее неопределенной внешней среды. Несмотря на то, что такие роботы уже применяются на практике, теоретические основы проектирования и управления такими роботами пока сформированы в малой степени. В связи с этим работа Терехова Г.П. является актуальной и в практическом, и в научном отношении.

В настоящее время существуют различные способы организации движения сферического робота. Автор рассматривает способы, основанные на создании внутреннего кинетического момента за счет работы приводов, расположенных внутри корпуса робота и приводящих в движение маховики. Одним из основных научных результатов, полученных в диссертации является построение базы основных движений робота, позволяющей обеспечить движение по заданной траектории с необходимой точностью.

К достоинствам работы можно отнести рассмотрение двух различных способов организации такого движения, которые могут быть реализованы на практике – с тремя маховиками и с одним маховиком на вращающейся плоскости и их сравнительный анализ. Для этих конструкций в первой главе работы автором построены математические модели динамики, которые описывают движение робота на абсолютно гладкой, абсолютно шероховатой поверхности, а также при наличии вязкого трения. Для случая абсолютно шероховатой поверхности предложены алгоритмы движения по базовым траекториям, из которых можно построить желаемую траекторию движения. Исследовано также движение при наличии вязкого трения.

На практике подстилающая поверхность не является абсолютно шероховатой и допускает проскальзывание аппарата. В связи с этим представляет практический интерес исследование, результаты которого изложены во второй главе работы. Здесь проводится исследование движения сферического робота на плоскости с двухпараметрическим трением. Получены важные для практического применения результаты. В том числе, касающиеся требований к жесткости опорной поверхности, необходимой для старта и для поворота на месте.

Допущение, принятое в Гл. 1, о том, что центр масс аппарата всегда совпадает с его геометрическим центром также трудно реализуемо ввиду сложности внутренней конструкции робота, совершающей собственное движение. В связи с этим представляется особенно интересным для практики материал последней, третьей главы работы, в которой исследуется модель с несимметричным расположением центра масс робота. Предложены способы построения управления для движения по базовым траекториям, в том числе, по криволинейной траектории. Расширена база основных движений в случае несбалансированного шара. Полученные здесь автором результаты, насколько можно судить по автореферату, доведены до законов изменения управляющих напряжений на электроприводах с учетом ограниченности этих напряжений. Таким образом, можно с полным основанием говорить, что результаты теоретических исследований доведены до практической реализации и обоснованы экспериментально.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

- в автореферате не нашло отражение сравнение существующих аналогов и сравнительная оценка их эффективности и сложности практической реализации;
- не в полной мере учитывается влияние характеристик и ограничений электроприводов на динамику движения робота;
- не исследовано влияние внешних факторов, включая неровности опорной поверхности и внешние воздействия на устойчивость движения робота, а также изменение шероховатости опорной поверхности во время движения.

Эти недостатки не снижают общей положительной оценки работы. Основные результаты работы опубликованы в пяти научных изданиях, в том числе, в двух – в журналах, рекомендованных ВАК. Диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации - Терехов Георгий Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Профессор кафедры «Робототехнические системы и мехатроника»  
ФГБОУ МГТУ им. Н.Э.Баумана, д.т.н.

Ющенко А.С.

Заведующий кафедрой «Робототехнические системы и мехатроника»  
ФГБОУ МГТУ им. Н.Э.Баумана, к.т.н.

Серебренный В.В.,



УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВ  
ФГБОУ МГТУ им. Н.Э.БАУМАНА  
А.Г. МАТВЕЕВ

25.09.2019