

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Сахарова Александра Вадимовича «Движение мобильного устройства без внешних движителей по шероховатой плоскости», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Диссертация Сахарова А.В. посвящена исследованию динамики механической системы, состоящей из корпуса, опирающегося прямоугольным основанием на горизонтальную плоскость, и внутренних подвижных материальных точек. Такая система представляет собой модель мобильного робототехнического средства, не имеющего внешних движителей, и имеет ряд преимуществ, связанных с ее герметичностью и изолированностью от окружающей среды. Движение робота достигается благодаря перемещению внутренних тел и взаимодействию корпуса робота с опорной плоскостью посредством сил трения.

Актуальность работы следует из того факта, что мобильные робототехнические системы в настоящее время находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности (в медицине, космических исследованиях, военном деле и т.п.) и подтверждается тем, что динамика робототехнических систем, движущихся в результате перемещения внутренних масс многократно исследовалась ранее другими авторами. В диссертационной работе рассматривается общий случай плоского движения, представимого в виде совокупности поступательного движения корпуса и его поворота вокруг вертикальной оси, проходящей через центр тяжести. Последнее обстоятельство является одним из важных преимуществ диссертационной работы и определяет ее **новизну**, так как в известных оппоненту работах, посвященных изучению динамики подвижного объекта с плоским

основанием на шероховатой плоскости, рассматриваются исключительно одномерные движения корпуса мобильного устройства (или поступательное движение или вращение корпуса вокруг центра тяжести).

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что предложенные подходы к исследованию рассматриваемых робототехнических систем доведены до конструктивных методов, которые могут быть использованы при изучении широкого класса подвижных объектов без внешних движителей,двигающихся по шероховатой плоской поверхности.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы и одного приложения. Объем работы составляет 118 страниц.

Первая глава диссертации посвящена постановке задачи о движении твердого тела с плоским основанием по шероховатой плоскости за счет перемещения внутренних материальных точек. Предполагая, что касательные напряжения в области контакта корпуса и плоскости локально описываются законом Амонтона–Кулона, а нормальные напряжения распределены по линейному закону, автор выводит уравнения движения системы для произвольного распределения внутренних подвижных точек. Показано, что при определенных перемещениях подвижных тел относительно корпуса робот может осуществлять маневрирование по плоскости.

Вторая глава посвящена исследованию поступательных движений корпуса. При этом рассматривается два случая: в первом случае материальная точка движется по гармоническому закону вдоль продольной оси корпуса, а во втором – математический маятник совершает движение в вертикальной плоскости симметрии тела. При проведении анализа принимаются во внимание результаты, полученные ранее другими авторами, а также экспериментальные данные.

В **третьей главе** также изучается одномерное движение тела: поворот вокруг неподвижного центра масс. При этом вновь рассматриваются две типичные конфигурации внутренних масс: однородный горизонтальный диск и две точечные массы, движущиеся в противофазе вдоль параллельных горизонтальных направляющих. Особое внимание уделяется второму случаю. Проведенный в работе анализ позволил автору численно определить оптимальные параметры кусочно-линейного закона управления относительным движением точек, доставляющий средней угловой скорости тела максимум.

Четвертая глава посвящена изучению случая более сложного движения тела, представимого в виде суммы поступательного и вращательного движения, на примере конкретной системы, состоящей из корпуса, точечной массы, способной двигаться вдоль продольной оси симметрии корпуса и диска, центр которого совпадает с центром устройства, а ось вращения может быть ориентирована двумя способами (горизонтально или вертикально). С помощью численного интегрирования системы уравнений шестого порядка проводится качественный анализ траекторий движения тела и исследуется их зависимость от различных параметров. В результате автору удается предложить программное управление, позволяющие осуществлять маневрирование робота по плоскости. В конце главы приводится сравнение величин поворота тела при различных ориентациях диска в зависимости от коэффициента сухого трения.

Текст диссертации иллюстрирован рисунками и графиками, содержащими подробные описания и наглядные обозначения. **Достоверность** полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений, так как обоснована корректностью исходных предпосылок, строгими доказательствами утверждений, а также сравнением итоговых результатов с результатами других авторов.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, а публикации соответствуют ее теме. Полученные результаты могут быть применены специалистами по теоретической механике и робототехнике в таких научно-исследовательских и учебных институтах как ИПМех РАН им. А.Ю. Ишлинского, ИПУ РАН, ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова, МФТИ, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАИ, УдГУ.

Замечания по работе

1. На взгляд оппонента, изложение чересчур формализовано в ущерб физической наглядности: не достаточно внимания уделено объяснению принципов, позволяющих мобильному устройству, не имеющему внешних движителей, перемещаться по плоскости.

2. Используемый в диссертации термин «трехмерное движение тела» может вводить читателя в заблуждение, так как, как правило, он подразумевает движение тела в трехмерном пространстве, в то время как в диссертации речь идет об общем случае плоского движения, описываемого тремя координатами (две координаты центра тяжести и угол поворота).

3. В рамках диссертационной работы рассматривается несколько моделей мобильных устройств, однако, сравнение численных данных с экспериментальными приводится лишь для одной из рассматриваемых моделей.

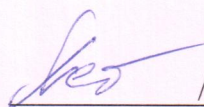
Указанные замечания не меняют общую положительную оценку диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне, хорошо структурирована, написана ясным языком и представляет собой законченное исследование. Все утверждения строго сформулированы и доказаны.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Сахарова Александра Вадимовича «Движение мобильного устройства без внешних движителей по шероховатой плоскости» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук, а автор диссертации заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

18 января 2016 года

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,

 / Пестерев Александр Витальевич

Почтовый адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Веб сайт: <http://www.ipu.ru>

Телефон: 8 (495) 334-89-10

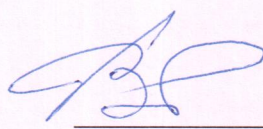
Адрес электронной почты: alexanderpesterev.ap@gmail.com

Организация – место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Подпись и сведения Пестерева А.В. заверяю

Учёный секретарь ИПУ РАН, д.т.н.

 / Лебедев Валентин Григорьевич

