

Отзыв

на автореферат диссертации Блинова Александра Олеговича «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

В последние годы имеет место существенное увеличение количества теоретических и экспериментальных работ, посвященных созданию экзоскелетов и антропоморфных роботов. Это обусловлено тем, что они могут быть использованы в очень широких областях: военных, производственных, бытовых, медицинских. Необходимость создания математических и физических моделей антропоидных механизмов, близких к биологическим прототипам за счет использования звеньев, изменяющих свою длину, делает работу А.О. Блинова интересной и научно значимой.

На основе всестороннего исследования автор создал две новые модели звеньев, изменяющих свою длину: с электроприводами и с магнитно-реологической жидкостью, применил их к моделированию динамики антропоидов с пятью звеньями в плоском и пространственном случаях, составил дифференциальные уравнения рассматриваемых механических систем, провел численное моделирование их движений путем решения обратной, и в некоторых случаях и прямой задач динамики.

Результаты исследования имеют достаточно высокую научную, в ряде случаев и практическую значимость, а также обладают необходимыми признаками достоверности. Результаты работы зарегистрированы как РИД, опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах научного цитирования и других изданиях и отражают содержание диссертации.

По работе имеются замечания.

1. Как следует из рисунка 2 на странице 8 автореферата, угловые ускорения некоторых звеньев имеют достаточно большие значения и резкие скачки, что свидетельствует об импульсном воздействии управляющих усилий в эти моменты времени, что не свойственно опорно-двигательному аппарату человека. Позволяет ли предлагаемая модель управления движением обеспечить плавные движения экзоскелета?

2. Как известно, звенья плоских механизмов могут работать на растяжение-сжатие и изгиб. Вызываемые деформации звеньев от изгибающих моментов могут усложнить работу приводов, обеспечивающих изменение линейных размеров звеньев. Этому вопросу так же следовало бы уделить большее внимание.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

На основе материалов автореферата можно сделать вывод, что диссертационное исследование Блинова Александра Олеговича «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи создания математических моделей антропоморфных механизмов со звеньями, изменяющими свою длину, имеющей важное значение для

создания более совершенных моделей экзоскелетов и антропоморфных роботов. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Блинов Александр Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Профессор кафедры «Динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика, профессор



Брискин Евгений Самуилович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГТУ)

<https://www.vstu.ru/>

Кафедра «Динамика и прочность машин»

Адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28.

Тел.: 8 (8442) 24-81-13,

e-mail: dpm@vstu.ru



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Блинова Александра Олеговича на тему **«Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах»**, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин (физико-математические науки).

Диссертационная работа А. О. Блинова посвящена актуальной теме моделирования и управления антропоидными механическими системами. При разработке робототехнических механизмов близким к биологическим реальным системам, возникает необходимость учёта таких факторов как: подвижность мгновенных осей вращения в суставах живых существ, податливость, приводящая к появлению дополнительных степеней свободы, и других.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в применении звеньев с изменяющейся длиной разных конструкций для механики моделирования управляемых антропоморфных систем. Управляемое изменение геометрии звеньев реализуется с использованием магнитно-реологической жидкости. Полученные результаты включают в себя численный анализ разработанных моделей со звеньями переменной длины и решение прямой и обратной задачи динамики и управления движением антропоидных роботов.

По автореферату можно высказать несколько вопросов и замечаний:

1. Вычисление кинетической энергии двумя способами «для контроля правильности» выглядит излишним. Теорема Кёнига доказана в 1751 г. и формула (1), которую можно назвать обобщённым вариантом этой теоремы, выводится в ходе доказательства и не вызывает сомнений. Разумеется, для проверки правильности кода расчётной программы можно и нужно использовать все возможные проверки, но эти проверки носят вспомогательный характер и вряд ли заслуживают вынесения в автореферат диссертации.
2. Не понятен смысл рисунка 2. На графиках приведены примеры интегрирования двух вариантов дифференциальных уравнений движения рассматриваемой системы (без учёта и с учётом динамики приводов) с некоторыми начальными условиями и, вероятно, некоторыми заданными законами изменения моментов в приводах. При этом ни массово-геометрические параметры системы, ни начальные условия, ни законы изменения приводных моментов, ни планируемое движение не раскрываются. Очевидно, что две разные системы уравнений дадут различные решение.
3. На странице 9 автореферата соискатель утверждает, что два степени свободы в голеностопе, одна в колене и три в тазобедренном шарнире реализуют «все соответствующие биомеханике опорно-двигательного аппарата человека движения». Утверждение не соответствует действительности. Очевидно, соискатель имел в виду «основные движения» или что-то в таком роде.

4. Из автореферата остаётся неясным смысл обобщённых координат $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \beta_1, \beta_3, \beta_4, \gamma_3, \gamma_4$. Что это за углы, между чем и чем? Почему пропущены углы $\beta_2, \gamma_1, \gamma_2$? Если это углы поворота в шарнирах, то кажется разумным, чтобы углы поворота в 5 шарнирах одной ноги имели одно обозначение, а 5 шарниров второй ноги – другое, и нумерация углов и шарниров на обеих ногах была бы задана единообразно. Но здесь используется три сорта обозначений и нумерация с пропусками.

5. При отсутствии информации о массах и размерах системы вряд ли есть смысл приводить численные значения максимальных моментов или потраченной энергии. Второе не имеет смысла также потому, что не указано на протяжении какого пути совершалась эта работа.

В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает её научную и практическую ценность. Указанные выше замечания не снижают общей, положительной оценки представленной работы. Диссертационная работа соответствует требованиям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней» и в пункте 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор Блинов Александр Олегович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин (физико-математические науки).

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.01 – теоретическая механика), доцент,
директор института робототехники и компьютерного зрения,
АНО ВО «Университет Иннополис»



Малолетов Александр Васильевич
14.05.2025

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис»

Адрес: 420500, г. Иннополис ул. Университетская, д. 1.

тел.: +7-999-162-02-74

e-mail: a.maloletov@innopolis.ru

Подпись А. В. Малолетова заверяю:
Директор по развитию и кадровой политике
АНО ВО «Университет Иннополис»



Валиев Р.Ф.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации БЛИНОВА АЛЕКСАНДРА ОЛЕГОВИЧА
«УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С ИЗМЕНЯЕМОЙ
ГЕОМЕТРИЕЙ В АНТРОПОИДНЫХ УСТРОЙСТВАХ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности

1.1.7. – Теоретическая механика, динамика машин

Вопросы разработки антропоморфных роботов и экзоскелетных устройств являются ключевыми в производственной, медицинской, военной, бытовой сферах. Однако, мало исследований, посвященных моделям антропоморфных устройств со звеньями переменной длины, хотя такие исследования могут улучшить модели реального опорно-двигательного аппарата человека и повысить качество имеющихся в настоящее время экзоскелетных устройств, протезов, тренажеров.

В настоящей работе рассмотрен достаточно широкий класс моделей антропоидных устройств: с абсолютно твердыми звеньями, со звеньями, изменяющими свою длину и электроприводами, со звеньями с регулируемой жесткостью при помощи магнитно-реологической жидкости.

Кроме теоретической ценности данная работа и созданные в ней модели имеет и прикладное значение при создании экзоскелетов, антропоморфных роботов и других подобных устройств антропоморфной структуры, на этом основании тема диссертации Блинова А.О. является актуальной.

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы и представлены в 38 работах, 16 из которых индексируются в международных базах научного цитирования, 2 монографиях, 2 патентах, 5 программах и 13 других научных публикациях.

Результаты, полученные Блиновым А.О., являются новыми, оригинальными и представляющими интерес для всех специалистов, работающих в области теоретической механики, робототехники, применительно к созданию антропоидных устройств. Считаю, что диссертация А.О. Блинова является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На основе материалов автореферата можно сделать вывод, что диссертационное исследование Блинова Александра Олеговича «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложено новое направление в механике моделирования управляемых антропоморфных систем со звеньями переменной длины различных конструкций, в том числе с управляемой жесткостью на основе магнитно-реологической жидкости, имеющей важное значение для теоретической механики и робототехники. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Блинов Александр Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. – Теоретическая механика, динамика машин.

Заведующий кафедрой математического анализа
Смоленского государственного университета,
доктор физико-математических наук
(01.01.01 - Вещественный, комплексный
и функциональный анализ), профессор

24.04.2025 г.



РАСУЛОВ Карим Магомедович

214000, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д.4, Смоленский государственный университет. Тел. (4812) 700-267, e-mail: kahrimanr@yandex.ru

Подпись Расулова К.М. заверяю:



О Т З Ы В

на автореферат диссертации **Блинова А.О.** «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.1.7 - Теоретическая механика. Динамика машин.

Диссертация Блинова А.О. посвящена решению задачи построения аналитических моделей механизмов схожих с человеком и численным решениям систем дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода с заданными начальными условиями. Указано, что погрешности при аппроксимации звеньев человека стержнями являются существенными. Разработана уточненная модель звена, в которой применяются цилиндрические элементы и магнитно-реологическая жидкость.

В работе показано, что учет массы и моментов инерции вращающихся роторов электроприводов существенно влияет на решение прямой задачи при заданном управлении движением человекообразного устройства. Требуется их учет в моделях для приближения к реальным механизмам.

К недостатку текста автореферата можно отнести некоторые ошибки в пунктуации. Но это не влияет на высокую оценку научных достижений автора.

Результаты исследований, изложенные в диссертации и автореферате, докладывались на XIII Всероссийском Съезде по теоретической и прикладной механике (Санкт-Петербург, 2023 г.), Всероссийской конференции по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники (Москва, 2023 г.) и на международных научных конференциях, опубликованы в научной печати и представляют интерес для специалистов в области механики, биомеханики, инженеров, занимающихся проектированием человекоподобных устройств.

Диссертационное исследование Блинова Александра Олеговича «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоидных устройствах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи создания динамических моделей механических систем твердых тел человекоподобной структуры, имеющей важное значение для создания адекватных моделей механизмов с учетом наличия массивных электроприводов. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Блинов Александр Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. – Теоретическая механика, динамика машин.

Профессор кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин Смоленского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В.Плеханова»
доктор физико-математических наук
(05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ),
профессор

Юденков Алексей Витальевич

25.04.2025г.

Адрес: 214030, г. Смоленск, ул. Нормандии-Неман, д.21
Смоленский филиал РЭУ им. Г.В.Плеханова
т.(4812) 66-26-63, smolensk@rea.ru

*Подпись Юденкова А.В. заверен
См. также по адресу Алексей Юденков А.В.
25.04.2025*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Блинова Александра Олеговича**
«Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией
в антропоморфных устройствах»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.7. – Теоретическая механика, динамика машин

В диссертации Блинова А.О. рассматриваются проблемы моделирования управляемых систем твердых тел с изменяемой геометрией применительно к антропоморфным устройствам. В рамках методов теоретической механики построены математические модели человекоподобных механизмов с тремя видами звеньев: абсолютно твердых тел; тел изменяющих свою длину посредством электроприводов и тел изменяющими свою длину за счет использования магнитно-реологической жидкости. Как следует из автореферата, в работе, рассматриваются модели антропоморфов с пятью подвижными звеньями на плоскости и в пространстве. Для рассматриваемых моделей получены решения прямой и обратной задач динамики. Задачи Коши для систем дифференциальных уравнений решаются численно. Результаты представлены, в основном, графически. Установлен существенный расход энергии в приводах, управляющих изменением длины звена в электромеханической модели, превышающий расход энергии на управление изменением углов в шарнирах. Этот результат указывает на необходимость создания моделей звеньев переменной длины иной конструкции для снижения указанных энергозатрат. Соискателем предложены менее энергозатратные конструкции звеньев переменной длины на основе использования магнитно-реологической жидкости.

Результаты исследований, представленные в автореферате, полноценно опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК, индексируемых в международных базах цитирования, а также в иных изданиях, доложены на всероссийских и международных научных конференциях. Автором зарегистрированы программы численных расчетов, оформлены патенты на изобретения.

Недостатком автореферата является то, что автор приводит достаточно много формул для вычисления кинетической энергии звеньев, а конечные уравнения движения отсутствуют. Следовало бы их привести, например, в компактной матричной форме записи. Указанное замечание, не снижает в целом высокую оценку исследований и полученных автором результатов.

Диссертационное исследование Блинова Александра Олеговича «Управляемые системы твердых тел с изменяемой геометрией в антропоморфных устройствах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение

научной задачи исследования антропоморфных механизмов с различными конструкциями звеньев, имеющей важное значение для создания моделей экзоскелетов с учетом изменения длин звеньев. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а её автор, Блинов Александр Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.7. – Теоретическая механика, динамика машин.

Заведующий кафедрой ФН-3 «Теоретическая механика»

имени профессора Н.Е. Жуковского

Московского государственного технического

университета им. Н.Э. Баумана

доктор технических наук,

(05.13.18 – Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ), профессор

Шкапов Павел Михайлович

14.05.2025 г.

Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

т. +7 (499) 263-63-91, bauman@bmstu.ru

Подпись Шкапова П.М. заверяю.

Декан факультета «Фундаментальные науки»

д.ф.-м.н.



Гладышев В.О.