

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Рыжкова Александра Игоревича** «**Моделирование динамики целенаправленного движения объектов с упругими элементами**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Структура и объем работы

Диссертационная работа полным объемом 172 страницы включает в себя 89 рисунков, 10 таблиц, 6 приложений. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, перечня принятых условных обозначений и списка источников из 126 наименований.

Актуальность темы диссертации

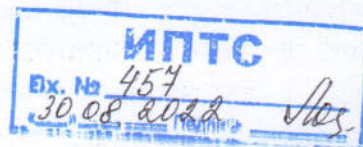
Развитие современной техники, в том числе мехатронной, роботизированной, оснащенной управляемыми элементами, напрямую связано с необходимостью решения проблемы моделирования рабочих режимов и динамического поведения конструкций. Одним из перспективных направлений повышения точности движения исполнительных органов технических систем является конструирование переносных поступательных и вращательных ускорений элементов техники с устранением их колебаний в конце движения.

При движении технических объектов с упругими элементами возникают колебания, гашение которых на этапе достижения конечного состояния достигается за счет привлечения дополнительной энергии. В этой связи становится актуальной разработка и внедрение адекватных динамических моделей и программного обеспечения, позволяющих на этапе проектирования решать задачу оптимального управления целенаправленным движением рабочих органов механических систем. Именно поэтому диссертационная работа Рыжкова А.И., посвященная разработке и обоснованию математических моделей, численных методов и компьютерных программ в области динамики движения объектов с упругими элементами, представляется несомненно актуальной.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Сформулированные в диссертационной работе научные положения соответствуют поставленной цели. Научные положения, выводы и рекомендации обоснованы результатами теоретических и экспериментальных исследований, определяемых поставленными задачами и содержанием диссертации. Степень достоверности результатов подтверждается применением известных положений аналитической динамики и механики, теории автоматического управления технологическими процессами, удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных результатов.

Первое научное положение связано с разработкой метода моделирования целенаправленных движений технических систем с упругими элементами и оценкой энергетических затрат на достижение конечной цели движения.



Второе научное положение заключается в разработке программного обеспечения, реализующего вычислительные экспериментальные исследования динамического поведения упругих объектов с достижением в конечном состоянии покоя без колебаний.

Третье научное положение является логическим продолжением первого и связано с экспериментальным обоснованием разработанного метода математического моделирования при быстром вращении упругого консольного объекта на примере руки манипулятора.

Четвертое научное положение заключается в моделировании целенаправленных поступательных и вращательных движений исполнительных органов технологического оборудования при заданных траекториях перемещения.

Выбор и обоснование теоретических подходов к изучению динамики движения исполнительных органов с элементами конечной жесткости, излагаются в первой главе диссертации, завершающейся постановкой задач исследований. Вторая глава посвящена вопросам моделирования и разработке численных алгоритмов конструирования целенаправленных движений объектов с упругими элементами, в качестве примера которых приведены современные производственные манипуляторы. Третья и четвертая главы связаны с обоснованием оптимальных ускорений элементов технических систем, обладающих конечным числом степеней свободы, при поступательном и вращательном движениях. В пятой главе приведены результаты экспериментальной проверки разрабатываемых математических моделей и численных методов управления целенаправленным движением объектов с упругими элементами, реализующими технологические операции в аддитивном производстве.

Выводы математических зависимостей, характеризующих динамику исследуемых объектов, основаны на применении известных подходов аналитической механики и положений теории автоматического управления технологическими процессами, и в этой связи не вызывают сомнений в достоверности получаемых решений. Оценка адекватности математических моделей и численные методы, положенных в основу вычислительных экспериментов, произведена путем сравнения результатов теоретических расчетов с экспериментальными данными, полученными в лабораторных и производственных условиях.

На этом основании можно утверждать, что все научные положения, сформулированные соискателем, доказаны, а диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– разработан метод конструирования и моделирования целенаправленных переносных поступательных и вращательных ускорений упругих объектов и систем при заданных параметрах перемещения, определяемых из моментных соотношений в относительном движении;

– разработан алгоритмы реверсионного конструирования и оценки энергоемкости целенаправленных ускорений типа «разгон – торможение»;

которые реализованы с применением пакетов прикладных математических программ;

– по результатам вычислительных экспериментальных исследований обоснованы кососимметричные ускорений, обеспечивающие достижение цели движения, и установлены универсальные аналитические зависимости, описывающие динамику целенаправленного движения технических объектов;

– по результатам физических экспериментальных исследований определены условия, обеспечивающие оптимально быстрое вращение консольного элемента конечной жесткости с достижением абсолютного покоя в конечном состоянии.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационного исследования

Значимость полученных соискателем результатов для развития науки в области моделирования, алгоритмизации и программирования управляемого движения технических объектов с упругими элементами заключается в разработке методов моделирования целенаправленных поступательных и переносных ускорений объектов, не предполагающих дополнительных затрат энергии для подавления упругих колебаний в конце движения, а также в установлении универсальных аналитических зависимостей, описывающих динамику целенаправленного движения объектов техники.

Основное практическое значение диссертации заключается в разработке программного обеспечения, позволяющего моделировать динамику вращения консольного элемента конечной жесткости, а также в создании методов конструирования переносных поступательных и вращательных движений технических объектов применительно к исполнительным органам 3D-принтеров.

На разработанный способ изготовления вентиляционных панелей на 3D-принтере получен патент РФ на изобретение. На созданное программное обеспечение для моделирования целенаправленного движения получено свидетельство об официальной регистрации.

Практическое приложение выводов и рекомендаций, полученных по результатам диссертационного исследования, подтверждено актами о внедрении в производство и учебный процесс.

Результаты работы позволяют:

– промышленным предприятиям, занятым производством манипуляторов и другой роботизированной техники, определять рациональные режимы работы движущихся элементов конструкции с упругими элементами, обеспечивая энергоэффективность рабочих операций;

– модернизировать технологическое оборудование путем обеспечения точности выполнения рабочих операций за счет предварительного моделирования динамического поведения исполнительных органов;

– учебным организациям создавать и совершенствовать лабораторные комплексы для обучения студентов по направлениям, связанным с разработкой робототехнических систем и программированием управляемого движения технологического оборудования.

Замечания по диссертации

Оценивая положительно результаты диссертационного исследования, следует высказать ряд замечаний.

1. Пункты 3 и 4 научной новизны имеют некорректную формулировку. Так, как они записаны в диссертации, их можно трактовать коротко, как «впервые проведенные эксперименты». Однако научной новизной является не событие проведения эксперимента, а его новые результаты и их следствия.

2. В тексте автореферата и диссертации наблюдается неоднозначная трактовка переменных. Например, через « n » обозначена константа (стр. 8 автореферата), целое нечетное число (стр. 9 автореферата), бесконечность (та же страница), степень полинома (стр. 60 диссертации). Также через « T_1 » обозначен и период колебаний упругого объекта, и натяжение ремня на участке 1.

3. При записи математических выражений соискатель использует условные обозначения функций, встроенные в математическую компьютерную программу Maple, например, «evalf», «limit», «infinity», не упоминая об этом в контексте ни в диссертации, ни в автореферате, что естественно приводит к непониманию записи у читателя, не знающего Maple.

4. В приложении к диссертации приведен акт о внедрении изобретения согласно патенту РФ №2615110 «Способ изготовления вентиляционной панели, экранирующей электромагнитное излучение» в производственный процесс ООО «ГК «ЗАИН», что позволило снизить трудоемкость и повысить точность изготовления выпускаемой продукции. При этом конкретные числовые параметры, отражающие экономическую эффективность изобретения, приведены лишь по результатам моделирования, без указания фактических производственных показателей, хотя в диссертации и записано, что «Результаты моделирования согласуются с натурными испытаниями...». Лишь в п. 6 Заключения указано, что повышение производительности составило с 12,5 ч до 7,5 ч, но в тексте работы этих цифр нет.

5. Стоит отметить странность того, что для части работы, посвященной практической реализации результатов диссертационного исследования, не нашлось места в основном тексте диссертации. Нечитабельно смотрится п. 6 Заключения до того, как приведено его обоснование в Приложении.

Отмеченные недостатки не умоляют значимости выполненной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Рыжкова А.И., представленная на соискание ученой степени кандидата наук, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития знаний в области математического моделирования, алгоритмизации и программирования управляемого движения технических объектов с упругими элементами.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации соискатель корректно ссылается на литературные источники.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Работа написана грамотным литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством правильно оформленного иллюстративного материала. Содержание автореферата отражает основные положения работы и главные доказательства их истинности. В диссертации даны рекомендации по использованию научных выводов, а также приводятся сведения о практическом применении полученных научных результатов.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 26 научных статьях, в том числе 8 публикаций в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 3 статьи в изданиях, индексируемых наукометрической базой Scopus, а также автором получены 1 патент РФ на изобретение, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Все изложенное позволяет заключить, что диссертация «**Моделирование динамики целенаправленного движения объектов с упругими элементами**» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, в том числе пунктам 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор – **Рыжков Александр Игоревич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры машиностроения
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский
горный университет»,
доктор технических наук (05.05.06 – Горные машины),
доцент

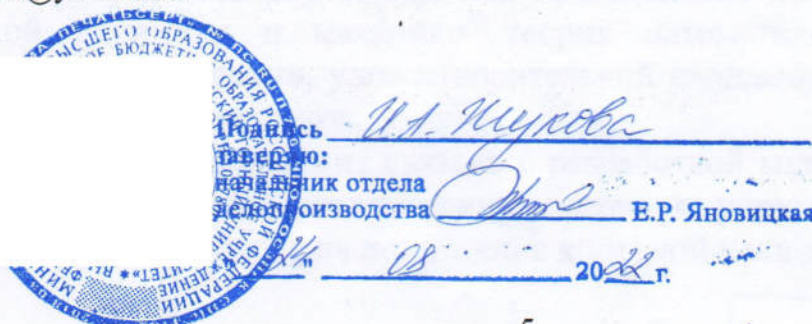
 Жуков Иван Алексеевич

«24» августа 2022 г.

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д.2.


Тел.: 8-905-918-7310

E-mail: tmmiok@yandex.ru



с отзывом ознакомлен 30.08.2022

5



Сведения об официальном оппоненте
по диссертационной работе **Рыжкова Александра Игоревича**
на тему **«Моделирование динамики целенаправленного движения объектов с упругими элементами»**
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Фамилия Имя Отчество оппонента	Жуков Иван Алексеевич
Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация	05.05.06 "Горные машины"
Ученая степень и отрасль науки	Доктор технических наук
Ученое звание	доцент
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	СПГУ, Горный университет
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Структурное подразделение	Кафедра машиностроения
Почтовый индекс, адрес	199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д.2
Веб-сайт	https://spmi.ru/
Телефон	+7-969-720-7310
Адрес электронной почты	tmmiok@yandex.ru
Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях, монографии за последние 5 лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zhukov I.A., Repin A.A., Timofeev E.G. Automated calculation and analysis of impacts generated in mining machine by anvil blocks of complex geometry // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 134 (2018) 012071 doi.org/10.1088/1755-1315/134/1/012071. 2. Жуков И.А., Смоляницкий Б.Н., Тимонин В.В. Повышение эффективности погружных пневмоударников на основе оптимизации формы соударяющихся деталей // Физико-технические проблемы разработки

	<p>полезных ископаемых. – 2018. – №2. – С. 37-42.</p> <p>3. Тимофеев Е.Г. Применение информационных технологий в решении задачи рационализации ударных импульсов, генерируемых в машинах ударного действия / Е.Г. Тимофеев, И.А. Жуков // Интеллектуальные системы, управление и мехатроника – 2018: Материалы Всероссийской научн.-техн. конф., Севастополь 29-31 мая 2018г. / МОН РФ, СевГУ. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2018. – С. 161-164.</p> <p>4. Тимофеев Е.Г. Алгоритм синтеза ударников переменного сечения по геометрии первой волны импульса ими генерируемого / Е.Г. Тимофеев, И.А. Жуков // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2018): труды XVIII Междунар. молодёж. Конфер., 16-18 окт. 2018г., Москва. – М.: ИПУ РАН, 2018. – С. 215-217.</p> <p>5. Zhukov, I.A., Smolyanitsky, B.N., Timonin, V.V. Improvement of Down-the-Hole Air Hammer Efficiency by Optimizing Shapes of Colliding Parts // Journal of Mining Science. 2018, Vol. 54, No. 2, pp. 212-217. doi.org/10.1134/S1062739118023569.</p> <p>6. Бычков И.В. К исследованию кинематики металлургических ножниц с параллельными ножами / И.В. Бычков, Л.Т. Дворников, И.А. Жуков // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2019. – №4. – С. 308-314. – DOI: 10.3103/S096709121904003X</p> <p>7. Тимофеев Е.Г. Математическое и компьютерное моделирование ударных процессов в стержневой системе машин ударного действия / Е.Г. Тимофеев, И.А. Жуков // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – №12, Часть 1. – С. 43-49. – doi.org/10.17513/snt.38409.</p>
--	--

	<p>8. Куклин С.А. К вопросу о моделировании напряженно-деформированного состояния рельсового профиля при копровых испытаниях / С.А. Куклин, И.А. Жуков, А.В. Санжаровский // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2020. № 7. С. 40-44.</p> <p>9. Тимофеев Е.Г. Комплекс программ для автоматизированного расчета геометрии ударных узлов машин / Е.Г. Тимофеев, И.А. Жуков, А.В. Теплякова // Программная инженерия. – 2021. – Т. 12, №8. – С. 404-412. – doi.org/10.17875/prin.12.404-412.</p> <p>10. Жуков И.А. Рационализация конструкции секции скребкового конвейера средствами автоматизированного метода анализа прочностных характеристик / И.А. Жуков, Н.С. Голиков, Н.В. Мартюшев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2022. – Т. 14, №1(51). – С. 142-150. – doi.org/10.21177/1998-4502-2022-14-1-142-150.</p>
<p>Являетесь ли Вы работником ФБГНУ “Институт природно-технических систем” или ФГАОУ ВО “Севастопольский государственный университет” (в том числе по совместительству)?</p>	<p>Не являюсь</p>
<p>Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организации, где работает соискатель ученой степени или его научный руководитель?</p>	<p>Не являюсь</p>
<p>Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организаций, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем)?</p>	<p>Не являюсь</p>

Являетесь ли Вы членом Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом экспертных советов Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите?	Не являюсь
Являетесь ли Вы соавтором соискателя степени по опубликованным работам по теме диссертационного исследования?	Не являюсь



Жуков И.А.

«24» июня 2022 г.