

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.14

Соискатель: Ветчанин Евгений Владимирович

Тема диссертации: «Качественный анализ характерных особенностей поведения гидродинамических и неголономных систем с периодическими управлениями на основе конечномерных моделей».

Специальность: 01.02.01 – Теоретическая механика

Решение диссертационного совета по результатам защиты: на заседании 20 мая 2022 года, протокол № 6, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней», и принял решение присудить Ветчанину Евгению Владимировичу ученую степень доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Красильников П.С. – *председатель*, Гидаспов В.Ю. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Холостова О.В., Бардин Б.С., Буров А.А., Косенко И.И., Маркеев А.П., Никитченко Ю.А., Овчинников М.Ю., Ревизников Д.Л., Рябов П.Е., Формалев В.Ф., Ципенко А.В., Черепанов В.В., Шамолин М.В.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук,
профессор

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук



Гидаспов Владимир
Юрьевич

Н.С. Ветчанин
Т.А. Гидаспов

Д.С. МАИ
Гидаспов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.14,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.05.2022 № 6

О присуждении Ветчанину Евгению Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Качественный анализ характерных особенностей поведения гидродинамических и неголономных систем с периодическими управлениями на основе конечномерных моделей», выполненная в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Удмуртский государственный университет», представленная к защите по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», принята к защите 16.02.2022 г. (протокол заседания № 3), диссертационным советом Д 212.125.14, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, приказ Минобрнауки РФ о создании совета - № 714/НК от 02.11.2012.

Соискатель Ветчанин Евгений Владимирович, 15 октября 1986 года рождения. В 2008 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет» по специальности «Прикладная математика» с присуждением квалификации «инженер-математик» (диплом ВСА № 0612929 от 15 июля 2008 года). Завершив обучение в очной аспирантуре на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» в 2012 году, он защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы» на тему «Численное исследование движения в вязкой жидкости тела с переменным распределением массы» в диссертационном совете на базе Института механики Уральского отделения Российской академии наук (диплом ДКН № 183745 от 29 апреля 2013 года). В настоящее время Ветчанин Е.В. работает доцентом кафедры «Теоретическая физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет» (ФГБОУ ВО «УдГУ»).

Диссертация выполнена на кафедре «Теоретическая физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет» (ФГБОУ ВО «УдГУ»).

Научный консультант – доктор физико-математических наук, доцент, профессор РАН Мамаев Иван Сергеевич, главный научный сотрудник научно-учебной лаборатории «Мобильные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова».

Официальные оппоненты:

1. Влахова Анастасия Владимировна, гражданка Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», кафедра прикладной механики и управления, профессор.
2. Цыганов Андрей Владимирович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра вычислительной физики, профессор.
3. Соколовский Михаил Абрамович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», главный научный сотрудник.

дали положительное заключение о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (УдмФИЦ УрО РАН)» (426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34.) в своем положительном отзыве, подписанном Карповым Александром Ивановичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником и Митюковым Николаем Витальевичем, доктором технических наук, ведущим научным сотрудником и утвержденном Альесом Михаилом Юрьевичем, доктором физико-математических наук, профессором, директором УдмФИЦ УрО РАН, указала что

«Диссертация Ветчанина Е.В. соответствует отрасли "физико-математические науки", а содержательная часть и полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 01.02.01 - Теоретическая механика по областям исследований "Общая механика. Аналитическая механика" (п.1), "Теория устойчивости движения механических систем" (п.2),

"Управление движением механических систем, теория гироскопических и навигационных систем" (п.3), "Механика робототехнических и мехатронных систем" (п.7). Диссертационная работа Ветчанина Е.В. "Качественный анализ характерных особенностей поведения гидродинамических и неголономных систем с периодическими управлениями на основе конечномерных моделей" является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области создания фундаментальных основ управления движением объектов под действием внутренних управлений.

Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9, 11 "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Ветчанин Евгений Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 - Теоретическая механика.»

Замечания по диссертации:

1. При описании обозначений в главе 1 на странице 26 и главе 2 на странице 59 автор вводит обозначение $v = (v_1, v_2)$ для вектора абсолютной скорости точки C тела в подвижной системе координат. При первом прочтении такая формулировка вводит в заблуждение, так как точка C совпадает с началом подвижной системы координат и ожидается, что скорость точки C должна быть нулевой. Однако при дальнейшем прочтении становится ясно, что компоненты v_1 и v_2 вектора v являются проекциями вектора скорости точки C на оси подвижной системы координат.

2. В различных частях диссертации автор использует понятия «странный аттрактор» и «хаотический аттрактор». По контексту становится ясно, что эти понятия являются тождественными. Однако согласно устоявшейся терминологии следует использовать словосочетание «странный аттрактор».

3. В главе 1 при построении математической модели постулируется периодическое изменение циркуляции с учетом только нулевой и первой Фурье-гармоник. В реальности изменение циркуляции может происходить по более сложному закону, включающему большее количество гармоник. Также не прокомментировано отличие по фазе в законах изменения момента импульса ротора и циркуляции.

4. В главе 6 рассмотрено движение неуравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения. В рамках рассмотренной модели предполагается, что связи носят двусторонний характер. Тем не менее, известно, что при качении неуравновешенных тел могут возникать отрывы от опорных поверхностей, то есть фактически связь, описывающие непроскальзывание, является односторонней. В этом случае неголономная модель становится неприменимой. В диссертации не выполнена оценка возможности отрыва сферы от опорной плоскости.

5. При получении решения сформулированных систем уравнений автор использует как аналитические, так и численные методы, при этом не уделено достаточного внимания описанию использованных схем численного интегрирования в части порядка аппроксимации и условий сходимости.

6. В автореферате отсутствует заключение.

Диссертационная работа рассмотрена на расширенном заседании научного семинара лаборатории физико-химической механики Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (Протокол №5 от 22 апреля 2022 г.)

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Borisov A.V., Mamaev I.S., Vetchanin E.V. Self-propulsion of a Smooth Body in a Viscous Fluid Under Periodic Oscillations of a Rotor and Circulation // Regular and Chaotic Dynamics, 2018, vol. 23, no. 7-8, pp. 850-874 DOI:10.1134/S1560354718070043

В работе представлены результаты анализа математической модели, описывающей плоскопараллельное движение гладких профилей в жидкости под действием периодических изменений циркуляции и колебаний внутреннего ротора. Показана возможность в среднем прямолинейного самопродвижения. Показана возможность возникновения странных аттракторов и неограниченного разгона.

2. Borisov A. V., Mamaev I.S., Vetchanin E.V. Dynamics of a Smooth Profile in a Medium with Friction in the Presence of Parametric Excitation // Regular and Chaotic Dynamics, 2018, vol. 23, no. 4, pp. 480-502 DOI:10.1134/S1560354718040081

В работе представлены результаты анализа математической модели, описывающей плоскопараллельное движение гладких профилей в жидкости под действием параметрического возбуждения, создаваемого колебаниями внутренней подвижной массы. Показана возможность реализации неограниченного самопродвижения и возникновения странных аттракторов.

3. Borisov A.V., Vetchanin E.V., Mamaev I.S. Motion of a Smooth Foil in a Fluid under the Action of External Periodic Forces. I // Russian Journal of Mathematical Physics, 2019, vol. 26, no. 4, pp. 412-428 DOI:10.1134/S1061920819040022

В работе изучается движение кругового профиля в идеальной жидкости под действием периодических внешних силы и момента сил. Указаны резонансы, приводящие к неограниченному разгону и прямолинейному самопродвижению.

4. Borisov A.V., Vetchanin E.V., Mamaev I.S. Motion of a Smooth Foil in a Fluid under the Action of External Periodic Forces. II // Russian Journal of Mathematical Physics, 2020, vol. 27, no. 1, pp. 1-17 DOI:10.1134/S106192082001001X

В работе изучается движение эллиптического профиля в жидкости под действием периодических внешних силы и момента сил. Показано, что при движении в идеальной жидкости в системе могут возникать

консервативные хаотические режимы движения. Продемонстрировано, что при движении в вязкой жидкости хаос приобретает диссипативный характер. Одним из сценариев возникновения диссипативного хаоса является каскад бифуркаций удвоения периода.

5. Vetchanin E.V. The Motion of a Balanced Circular Cylinder in an Ideal Fluid Under the Action of External Periodic Force and Torque // Russian Journal of Nonlinear Dynamics, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 41-57 DOI:10.20537/nd190105

В работе построено точное решение уравнений движения кругового профиля в вязкой жидкости при условии, что вязкое сопротивление линейно по скоростям.

6. Vetchanin E.V., Mikishanina E.A. Vibrational Stability of Periodic Solutions of the Liouville Equations // Russian Journal of Nonlinear Dynamics, 2019, vol. 15, no. 3, pp. 351-363 DOI:10.20537/nd190312

В работе изучается вращение твердого тела с периодически изменяющимися моментами инерции вокруг неподвижной точки. Выполнен анализ устойчивости перманентных вращений и периодических решений.

7. Mamaev I.S., Vetchanin E.V. Dynamics of Rubber Chaplygin Sphere under Periodic Control // Regular and Chaotic Dynamics, 2020, vol. 25, no. 2, pp. 215-236 DOI:10.1134/S1560354720020069

В работе изучается движение уравновешенного шара по однородной плоскости без проскальзывания и вращений. Исследовано влияние периодического изменения моментов инерции на устойчивость плоскопараллельных движений, построены диаграммы устойчивости. Показано, что в системе могут возникать странные аттракторы. Обнаружено два механизма возникновения хаоса в системе: каскад бифуркаций удвоения периода и конечная последовательность бифуркаций удвоения тора.

8. Artemova E.M., Karavaev Y.L., Mamaev I.S., Vetchanin E.V. Dynamics of a Spherical Robot with Variable Moments of Inertia and a Displaced Center of Mass // Regular and Chaotic Dynamics, 2020, vol. 25, no. 6, pp. 689-706 DOI:10.1134/S156035472006012X

В работе изучается движение неуравновешенного шара по однородной плоскости без проскальзывания и верчения. Доказана неинтегрируемость уравнений движения. Исследована возможность стабилизации шара в окрестности неустойчивого положения равновесия с помощью роторов. Показано, что нижнее положение равновесия шара может становиться неустойчивым под действием периодического изменения моментов инерции.

9. Vetchanin E.V., Mamaev I.S. Asymptotic behavior in the dynamics of a smooth body in an ideal fluid // Acta Mechanica, 2020, vol. 231, pp. 4529-4535 DOI:10.1007/s00707-020-02791-8

В работе рассмотрена задача о движении кругового профиля в идеальной жидкости под действием периодических внешних силы и момента сил, причем момент сил обладает ненулевой средней величиной. Показано, что в системе возникает асимптотическая устойчивость по части переменных.

10. Vetchanin E.V. Stabilization of rotations of a rigid body with a fixed point by periodic perturbations // 2020 International Conference Nonlinearity, Information and Robotics - IEEE, 2020, pp. 1-5 DOI:10.1109/NIR50484.2020.9290224

В работе рассматриваются перманентные вращения твердого тела с неподвижной точкой и периодически изменяющимися моментами инерции. Исследуется влияние диссипации на устойчивость перманентных вращений.

11. Vetchanin E.V. Calculation of instability regions of the Liouville problem based on the harmonic balance method // 2021 International Conference Nonlinearity, Information and Robotics - IEEE, 2021, pp. 1-5 DOI:10.1109/NIR52917.2021.9666094

В работе с помощью метода гармонического баланса построены границы областей неустойчивости для перманентных вращений твердого тела с неподвижной точкой и периодически изменяющимися моментами инерции.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Влаховой Анастасии Владимировны, заверенный деканом механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, членом-корреспондентом РАН, профессором Шафаревичем А.И. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Как известно, метод Пуанкаре обеспечивает существование точного решения системы (1.43), (1.51) и его близость к построенным функциям (1.55) в некотором диапазоне значений малого параметра лишь на конечном интервале времени. При проведении исследований, связанных с вопросами устойчивости движения, нужно распространить эти результаты на бесконечный интервал времени, чего в работе сделано не было. Заметим, что доказательство можно провести без большого труда, что сводит данное замечание лишь к упреку автору. Для рассматриваемого им случая норма матрицы Коши системы в отклонениях от решения порождающей по Пуанкаре системы (1.45)–(1.47) может быть ограничена экспоненциальной функцией времени с отрицательным показателем степени, откуда, используя результаты Р.П. Кузьминой, получаем требуемое утверждение (см. Р.П. Кузьмина. Асимптотические методы для обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Эдиториал УРСС, 2003. 336 с.). К тому же автором проводился численный анализ, всегда необходимый при использовании асимптотических результатов при конечных значениях малых параметров, который подтверждает сделанные им выводы.
2. Не выписано и не проверялось условие, обеспечивающее плоскопараллельное движение шара без проскальзывания. Оно неизбежно должно налагать ограничения на возможные коэффициенты трения шара и опорной плоскости, а также на амплитуду и частоту движения ротора и материальных точек. В частности, такая проверка представляется необходимой для траектории точки контакта шара и опорной плоскости зубчатого вида, показанной на рис. 5.13 и рис. 5.19.

- Наличие зубцов говорит о большой вероятности возникновения их относительного скольжения. Следовало бы показать, что, если это так, то скольжение кратковременно и не искажает общего вида траектории.
3. В замечании 6.1.5 обсуждается случай $\omega = \mathbf{0}$ обращения в нуль угловой скорости шара, когда нарушается взаимнооднозначность соответствия между координатами векторов ω , γ и введенными автором координатами l , g , L и G . Из первого уравнения связи (6.2), отвечающего отсутствию проскальзывания шара относительно опорной плоскости, следует, что в этом случае скорость шара удовлетворяет равенству $\mathbf{v} = \mathbf{0}$ – происходит его остановка. Следует заметить, что при $\mathbf{v} \approx \mathbf{0}$ и $\omega \approx \mathbf{0}$ к анализу системы при помощи неголономной модели качения шара следует относиться с осторожностью: учет его микропроскальзывания \mathbf{u} дает соотношение $\mathbf{v} + \omega \times \mathbf{r} = \mathbf{u}$, (\mathbf{r} – радиус-вектор точки контакта шара и плоскости) в котором каждое из слагаемых левой части может иметь тот же порядок малости, что и правая часть. В этом случае предельный переход $\mathbf{u} \rightarrow \mathbf{0}$, как правило, не приводит к условию непроскальзывания.
 4. В главах 5 и 6 следовало бы уделить больше внимания физическому смыслу получаемых результатов. В частности, чем определялся выбор параметров и как изменяются динамические переменные системы (скорость, угловая скорость шара и т.д.).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Цыганова Андрея Владимировича, заверенный И.О. начальника отдела кадров №3 И.И. Константиновой. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Первое замечание касается несколько сумбурного и максимально сжатого изложения исторической, методической и других частей работы, а также к использованию терминологии, принятой только в этой области исследований. Например, автор пишет «Работа [21] является продолжением [12]» сокращая слово «работа» перед второй

ссылкой. Подобным образом автор поступает и далее, что несколько снижает читабельность текста диссертации.

2. Второе замечание связано с первым и состоит в весьма большом объеме автореферата, и это снова связано с попыткой автора объять необъятное.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Соколовского М.А., заверенный заведующей канцелярией ИВП РАН Киселевой О.Л. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Представляется неудачными попытки нумерации формул за счет введения дополнительного символа, например, (3.8.1) и (3.8.2). В целом по тексту идет двухсимвольная нумерация вида (i, j) , где i – это номер главы, а j – номер формулы в этой главе. Третий символ усложняет восприятие текста. Это же замечание касается также нумерации Предложений, Определений и Замечаний, где промежуточный второй символ является избыточным и относится к номеру параграфа внутри главы.
2. Выбор обозначения « m » для целочисленной переменной в Фурье-разложениях (3.23) и (3.29) является неудачным, поскольку затем эта переменная используется для обозначения массы тела.
3. В первом пункте выводов по 3-й главе (страница 122), касающемся резонанса типа А, фразу «то есть в системе возникает разгон» желательно было бы усилить, записав: «то есть в системе возникает неограниченный разгон».
4. Выражение «Уравнения (4.20) представляют собой периодическое возмущение случая Эйлера-Пуансо [14]» (стр. 131), на наш взгляд, правильнее было бы записать как «Уравнения (4.20) представляют собой периодическое возмущение динамической системы для случая Эйлера-Пуансо [14]». Такая же поправка была бы уместна в названии параграфа 4.2.1.
5. При оформлении списка литературы используются различные стили.

6. Общее замечание, касающееся автореферата и диссертации: оба текста содержат значительное количество грамматических, стилистических и пунктуационных ошибок. Здесь же отметим неудачный термин «самопродвижение тела», использующийся всюду в тексте вместо общепринятого «самодвижение».

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов. Все поступившие отзывы положительные. В поступивших отзывах отмечается актуальность диссертационного исследования, проводится краткий анализ содержания работы, отмечается ее новизна, достоверность полученных результатов, их практическая и теоретическая значимость.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова». Отзыв подписан: директор Объединенного института математики и компьютерных наук им. А.Н. Колмогорова, доктор физико-математических наук, профессор, первый проректор ФГБОУ ВО «ЯрГУ им. П.Г. Демидова» Кашенко Сергей Александрович и заверен: заместитель начальника управления – директор центра кадровой политики Куфирова Л.Н. Отзыв положительный, в отзыве представлено замечание: «Не приведено обоснование, почему в диссертации используется линейный по скоростям закон вязкого сопротивления при описании движения твердых тел в жидкости. Следует отметить, что в подобных задачах достаточно часто применяют квадратичный по скоростям закон вязкого сопротивления».

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис». Отзыв подписан: научный руководитель Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники, доктор физико-математических наук, профессор, Малолетов Александр Васильевич, и заверен: директор по развитию и кадровой политике АНО ВО «Университет Иннополис» Валиев Р.Ф. Отзыв положительный, в отзыве представлено

замечание: «Работа носит теоретический характер, поэтому в ней не рассматриваются вопросы технической реализации описанных механических систем. Согласно автореферату, не уделено внимания так же экспериментальной проверке полученных результатов. Хотя отсутствие экспериментов не может считаться недостатком в теоретической работе, с учётом большого количества экспериментальных результатов, накопленных в этой области, следовало бы уделить больше внимания проверке теоретических положений на практике. Это значительно усилило бы практическую значимость работы и упростило бы возможности применения полученных результатов при разработке капсульных роботов».

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук. Отзыв подписан: заведующий лабораторией СФ-7 Саратовского филиала института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова, доктор физико-математических наук, доцент, Купцов Павел Владимирович; научный сотрудник лаборатории СФ-7 Саратовского филиала института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова, кандидат физико-математических наук Круглов Вячеслав Павлович и заверен: зам. Директора СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН Фатеев Д.В. Отзыв положительный, в отзыве представлено замечание: «В качестве замечания указываем на очень большие среднеквадратичные отклонения для численно оцененных показателей Ляпунова. Это может означать либо небольшой объем выборки, либо присутствие в выборке нетипичных траекторий».

Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН. Отзыв подписан: главный научный сотрудник ИПМех им. А.Ю. Ишлинского, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Болотник Николай Николаевич и заверен: ученый секретарь ИПМех им. А.Ю. Ишлинского РАН, кандидат физико-математических наук Котов Михаил Алтаевич. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. В названии диссертации упоминаются гидродинамические системы. Однако в автореферате проблемы гидродинамики остаются «за кадром». При исследовании движения систем в жидкости из всех гидродинамических характеристик используется только циркуляция скорости жидкости, обтекающей твердое тело, которая предполагается заданной функцией времени (в частности, постоянной). Не вполне ясно, какое место в работе занимает «гидродинамическая составляющая».

2. В автореферате встречаются опечатки и неточные словоупотребления. На стр. 3 в последнем предложении упоминаются «колесные и гусеничные приводы» вместо «колесные и гусеничные движители». В последнем абзаце на стр. 13 написано «с одинакой частотой» вместо «с одинаковой частотой». На стр. 17 в предложении, составляющем второй абзац, написано «гамитоновыми» вместо «гамильтоновыми». На стр. 33 написано, что положение равновесия «может быть стабилизировано с помощью постоянного гиростата». Гиростатом называется механическая система, состоящая из твердой оболочки и внутренних тел, движущихся относительно оболочки так, что геометрия масс системы (положение центра масс относительно оболочки и тензор инерции в системе координат, связанной с оболочкой) остается при движении неизменной. Постоянным может быть не гиростат, а гиростатический момент, т.е., кинетический момент движения внутренних тел относительно внешней оболочки.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгТГУ»). Отзыв подписан: заведующий кафедрой «Теоретическая механика», доктор физико-математических наук, профессор Брискин Евгений Самуилович и заверен: начальник общего отдела Антонова В.А. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Рецензенту приходилось присутствовать в 70-80-х годах прошлого века на докладе В.Н. Толчина о так называемых «безопорных движителях». Основная идея его доклада состояла в том, что твердое тело может двигаться

в пространстве без взаимодействия с внешней средой, а только за счет движения внутренних тел, что противоречит теореме о движении центра масс. Поэтому, на мой взгляд, не следует считать В.Н. Толчина основоположником защищаемой автором идеи перемещения. По мнению рецензента, большое право на эту идею могут иметь И.И. Блехман, Р.Ф. Нагаев.

2. Формулировка научной новизны и положений, выносимых на защиту в основном носят характер аннотации без конкретизации значимых результатов. Например, «исследовано поведение конечномерных динамических систем с периодическими коэффициентами, описывающих плоскопараллельное движение...». Эти формулировки отвечают на вопрос что делалось, а не в чем состоит научная новизна. Что касается положений и результатов, то они во многих случаях сформулированы так, что то или иное явление как может возникать, так может и не возникать.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Отзыв подписан: доктором физико-математических наук, профессором кафедры теоретической механики и мехатроники Зобовой Александрой Александровной и заверен: деканом механико-математического факультета ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова», членом-корреспондентом РАН, профессором А.И. Шафаревичем. Отзыв положительный, в отзыве представлены замечания:

1. Уравнения движения описанных механических систем в автореферате приведены без подробного обоснования и ссылок на источники. Было бы полезно указать те предположения, которые используются для вывода этих уравнений (особенно в главах I – III).

2. Неясно, что названо случаем Лагранжа в главе IV о движении тела вокруг неподвижной точки (стр. 23-24 автореферата): указано, что внешний момент L постоянен и направлен вдоль второй главной оси тела, тогда как в классическом случае Лагранжа существенным является действие силы

тяжести, момент которой в осях, связанных с твердым телом, не постоянен, а зависит от его ориентации.

3. В автореферате отсутствует механическая интерпретация некоторых полученных качественных результатов о динамике: интересно, можно ли понять, как влияет существование хаотических аттракторов в задаче о движении уравновешенного шара на его управляемость в предложенной постановке (глава V).

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Института машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук». Отзыв подписан: доктором физико-математических наук, заведующим сектором нелинейной вихревой динамики Просвиряковым Евгением Юрьевичем и заверен: ученым секретарем ФГБУН «Института машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО РАН» А.М. Поволоцкой. Отзыв положительный, в отзыве представлена рекомендация: «В автореферате приведены интересные результаты, описывающие движение тел в идеальной и по сути вязкой несжимаемой жидкости. Я понимаю, что от формы записей уравнений результаты не зависят, но было бы чрезвычайно интересно и полезно получить эти данные в рамках уравнений гидродинамики».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли наук, к которой относится диссертационная работа Ветчанина Евгения Владимировича, что подтверждается наличием у них многочисленных публикаций по теме диссертации в рецензируемых изданиях за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных лично соискателем исследований:

- *представлены* результаты аналитических и численных исследований ряда конечномерных математических моделей, описывающих

плоскопараллельное движение твердых тел в жидкости за счет периодической работы внутренних механизмов и периодических внешних воздействий, и, качение сферических тел с периодически изменяющимися моментами инерции;

- *определены* условия, при выполнении которых оказывается возможным в среднем прямолинейное самопродвижение твердых тел в жидкости за счет периодической работы внутренних механизмов, либо под действием внешних периодических силы и момента сил;
- *показано*, что периодические управления могут приводить к возникновению неограниченного разгона в рамках идеализированных моделей, описывающих движение твердых тел в жидкости;
- *показано*, что в гамильтоновой системе, описывающей движение гладкого профиля в идеальной жидкости за счет периодических внешних силы и момента с ненулевой средней величиной, может возникать асимптотическая устойчивость по части переменных;
- *получены* результаты, демонстрирующие, что с помощью периодического изменения моментов инерции твердого тела можно управлять устойчивостью некоторых его частных движений. В частности, устойчивые плоскопараллельные движения сферического тела могут терять устойчивость, а неустойчивые движения могут становиться устойчивыми вследствие периодического изменения моментов инерции;
- *построены* области неустойчивости перманентных вращений твердого тела с неподвижной точкой и периодически изменяющимися моментами инерции;
- *построены* области неустойчивости плоскопараллельных движений уравновешенного сферического тела с периодически изменяющимися моментами инерции;

- *доказана* неинтегрируемость уравнений движения неуравновешенного сферического тела с периодически изменяющимися моментами инерции на основе метода Мельникова;
- *предложен* метод стабилизации неуравновешенного сферического тела в окрестности верхнего положения равновесия с помощью периодического изменения вектора гиросtatического момента.

Теоретическая значимость работы: заключается в систематическом исследовании и получении новых результатов для ряда конечномерных математических моделей, описывающих

- плоскопараллельное движение твердых тел в жидкости под действием периодической работы внутренних механизмов или под действием внешних периодических силы и момента сил;

- вращение твердых тел с неподвижной точкой и качение сферических тел по плоскости без проскальзывания и верчения при наличии периодического изменения моментов инерции и вектора гиросtatического момента.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы как классические аналитические методы теоретической механики, так и современные методы численного анализа.

Представленные в диссертации результаты значимы как для развития теоретической механики и теоретических основ робототехники, так и для теории динамических систем. В частности, для описанных выше модельных систем указаны условия возникновения неограниченного разгона и в среднем прямолинейного движения, описаны численные методики определения устойчивости плоскопараллельных движений сферических тел с периодически изменяющимися моментами инерции.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что

представлены результаты анализа плоскопараллельного движения твердых тел в жидкости, которые могут быть использованы при проектировании управляющих алгоритмов, реализующих направленное движение и разгон водных роботов;

представлены результаты анализа плоскопараллельных движений уравновешенного сферического тела, которые могут быть использованы для построения алгоритмов стабилизации сферороботов за счет периодического изменения моментов инерции;

представлены результаты анализа устойчивости равновесий неуравновешенного сферического тела, которые могут быть использованы при разработке алгоритмов стабилизации сферических роботов за счет внутренних роторов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы математические модели, имеющие физическую трактовку, и строго доказанные теоремы и утверждения;

использованы современные вычислительные методы, гарантирующие сохранение геометрических свойств дифференциальных уравнений, описывающих движение рассмотренных автором систем.

Личный вклад соискателя состоит в выполненных лично автором аналитических и численных исследованиях, описанных в диссертации динамических систем, а также в личной разработке вычислительных программ, использованных в проведенных исследованиях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Диссертационная работа Ветчанина Е.В. полностью удовлетворяет пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года «О

порядке присуждения ученых степеней», представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, вносящее существенный вклад в области теоретической механики, где решена крупная научная проблема изучения широкого класса динамики систем с периодическими управлениями.

На заседании 20 мая 2022 года протокол №6 диссертационный совет принял решение присудить Ветчанину Евгению Владимировичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика», участвовавших в заседании; из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук,
профессор

Красильников
Павел Сергеевич

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.14,
доктор физико-математических наук

Гидасов Владимир
Юрьевич

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина



20 мая 2022 г.