

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Е.В. Ветчанина “Качественный анализ характерных особенностей поведения гидродинамических и неголономных систем с периодическими управлениями на основе конечномерных моделей”, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертационная работа Е.В. Ветчанина посвящена актуальной проблеме развития методов управления плоскопараллельным движением гладкого твердого тела с периодически движущимися внутренними механизмами.

Работа объемом в 252 страницы содержит введение, две части, каждая из которых состоит из трех глав, заключение, 145 рисунков и список цитируемой литературы из 202 наименований.

Во **введении** приводится обоснование актуальности темы исследований, дается обзор моделей движения твердого тела в идеальной жидкости в отсутствие циркуляции внешнего кинематического поля. Приводится обзор литературы по различным аспектам темы диссертационной работы. Особое влияние уделено моделям, учитывающим наличие у тела внутренних роторов, стабилизирующих его движения. Приводятся известные сведения о моделях, учитывающих циркуляцию, систему точечных вихрей и вязкость жидкости. Дано введение в теорию моделей с неголономными связями, указаны особенности учета трения, отрыва и проскальзывания в этих моделях, отмечены динамические эффекты, характерные для конечномерных моделей. На основе этого обзора сформулирована основная цель диссертационной работы: *построение и качественный анализ конечномерных моделей, описывающих поведение гидродинамических и неголономных систем с периодическими управлениями.*

Первая глава (первая часть) посвящена задаче о плоскопараллельном движении гладкого профиля эллиптической (и, в частности, круговой) формы с внутренним ротором в жидкости при наличии периодически изменяющейся во времени циркуляции. Продемонстрирована возможность реализации прямолинейного движения профиля. Показано, что в системе могут возникать как регулярные, так и хаотические аттракторы, формирующиеся по сценарию Фейгенбаума.

Во **второй главе (первая часть)** рассмотрена задача о плоскопараллельном движении в жидкости гладкого профиля с подвижной внутренней массой при наличии постоянной циркуляции. Показано, что в отсутствие вязкого трения

фазовая траектория системы и траектория тела имеют компактный характер. Изучена возможность прямолинейного среднего движения. Отмечено, что вязкое трение способствует появлению регулярных и хаотических аттракторов.

В **третьей главе (первая часть)** изучается плоскопараллельное движение эллиптического профиля в жидкости под действием периодических внешних сил и момента сил. Аналитически исследован случай движения уравновешенного кругового профиля в идеальной жидкости. Найдены резонансы, возникающие в системе при нулевом среднем значении внешнего момента. Численно исследовано движение эллиптического профиля в идеальной жидкости в случае, когда внешняя сила действует вдоль одной из его главных осей, а внешний момент отсутствует. С помощью построения отображения Пуанкаре за период показано, что система является неинтегрируемой

В **четвертой главе (вторая часть)** рассмотрена задача об устойчивости перманентных вращений и периодических движений твердого тела с неподвижной точкой для случая, когда гиростатический момент постоянен, а моменты инерции являются периодическими функциями времени. Основные результаты: (1) в решении Эйлера – Пуансо появляются три пары перманентных вращений относительно главных осей инерции, и устойчивые вращения могут становиться неустойчивыми; кроме того, в системе возникает параметрический резонанс, для которого резонансные частоты находятся в явном виде; с помощью численных расчетов показано, что области неустойчивости имеют форму так называемых «языков Арнольда»; (2) в решении Жуковского–Вольтерра в окрестности перманентных вращений возникают периодические решения; (3) для решения Лагранжа проведено исследование влияния линейного (по угловым скоростям) трения и постоянного внешнего момента сил на устойчивость перманентного вращения; для этого случая построены диаграммы устойчивости.

В **пятой главе (вторая часть)** исследуется процесс качения уравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения. Показано, что плоскопараллельные движения вдоль главных осей инерции являются квазипериодическими, и для их анализа теория Флоке неприменима. Анализ полученных численно карт распределения старшего показателя Ляпунова показал, что при движении из состояния покоя (т.е. на нулевом уровне интеграла момента) в системе могут возникать хаотические аттракторы по сценарию Фейгенбаума; при ненулевом уровне интеграла момента одним из сценариев возникновения хаотических аттракторов

является формирование конечного числа бифуркаций удвоения тора (инвариантных кривых трехмерного отображения Пуанкаре)

Шестая глава (вторая часть) посвящена исследованию свойств качения неуравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения при периодических изменениях моментов инерции и гиростатического момента. Показано, что с помощью постоянного гиростатического момента можно стабилизировать сферическое тело в окрестности верхнего положения равновесия, аналитически получены условия на константу, обеспечивающую стабилизацию режима. С другой стороны, нижнее положение равновесия может становиться неустойчивым вследствие параметрического резонанса при периодически изменяющихся моментах инерции.

Каждая из глав диссертации завершается перечнем основных полученных в ней результатов.

В **Заключении** формулируются полные результаты работы, выносимые на защиту.

В целом, диссертация представляет собой логически построенный научный труд, посвященный развитию методов управления перемещением в жидкости твердого тела с периодически движущимися внутренними механизмами.

Укажем теперь некоторые **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».
7. Последнее замечание связано с отсутствием в списке публикаций автора (как в диссертации, так и в автореферате) опубликованных расширенных тезисов:
Vetchanin, E. and Artemova, E. Motion of a circular disk in the presence of a point source in an ideal fluid // ANS Conference Series: Regular and Chaotic Dynamics: In memory of Alexey V. Borisov. Book of Abstracts. Moscow–Izhevsk: Institute of Computer Science, 2021, pp. 82-84.

Указанные выше замечания носят в основном редакционный характер, не касаются существа основных результатов работы и не снижают их высокую оценку.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и отражает ее основные выводы. Результаты работы опубликованы в высокорейтинговых международных и российских журналах и прошли апробацию на многочисленных конференциях и симпозиумах.

Полученные результаты могут быть использованы в научных разработках Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Института механики МГУ, Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Морского гидрофизического института РАН, Института водных проблем РАН, Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН, Института прикладной математики ДВО РАН, Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Данная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАКом к докторским диссертациям, а именно, в диссертации разработаны

теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение. Автор диссертации, Евгений Владимирович Ветчанин, проявил себя как талантливый исследователь, способный не только успешно решать, но и самостоятельно ставить сложные математические задачи. Считаю, что автор заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика.

Официальный оппонент:

главный научный сотрудник Лаборатории гидродинамики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт водных проблем Российской академии наук»

д.ф.-м.н., с.н.с



Соколовский Михаил Абрамович

«27» апреля 2022 г.

Почтовый адрес: 119333, Москва, ул. Губкина, д. 3,

телефон: 8-499-783-37-56, доб. 255,

мобильный телефон: +79263785783,

адрес электронной почты: sokolovskiy@iwp.ru,

web-сайт: <https://www.iwp.ru/about/employees/sokolovskiy-mikhail-abramovich/>



СОГЛАСИЕ НА ОБРАБОТКУ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

г. Москва

«27» апреля 2022 г.

Субъект персональных данных,

Соколовский Михаил Абрамович,

(Фамилия, Имя, Отчество полностью)

паспорт серия 4511 № 127680 выдан 09.12.2011 отделением УФМС по гор. Москве по району Котловка,

(вид основного документа, удостоверяющий личность)

проживающий по адресу 117186, Россия, Москва, ул. Нагорная, д. 20, корп. 2, кв. 7,

принимаю решение о предоставлении моих персональных данных и даю согласие на их обработку свободно, своей волей и в своем интересе.

Подпись субъекта персональных данных:

Соколовский Михаил Абрамович

(Ф.И.О. полностью, подпись)

