

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки "Удмуртский
федеральный исследовательский центр
Уральского Отделения Российской академии
наук доктор физико-математических наук,
профессор



М.Ю. Алыес

" 28 04 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Ветчанина Евгения Владимировича "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

Актуальность темы диссертационной работы. Актуальность темы представленного исследования характеризуется развитием новых движителей управляемых гидродинамических объектов и тел вращения, передвигающихся по твердой поверхности, основанных (в отличие от общепринятых непосредственных воздействий на окружающую среду в виде гребного винта или реактивной тяги) на внутренних управлениях. Стоит отметить, что представленные в настоящей работе положения и полученные результаты в значительной мере создают фундаментальную теоретическую базу для дальнейшего получения технических решений в области разработки аппаратов, движение которых осуществляется на рассмотренных в работе принципах.

Общий анализ содержания диссертационной работы производит впечатление последовательно проведенного исследования направленного на получение новых теоретических результатов в области решения задачи о движении систем с внутренними управлениями. Структурно диссертация подразделяется на две части (по три главы в каждой) согласно рассматриваемым объектам: движение профиля в жидкости и качение тела по твердой поверхности.

Во введении показана актуальность темы, поставлены цели исследования. приведены основные классифицирующие особенности рассматриваемых управляемых движущихся объектов. проанализированы известные формулировки и методы решения рассмотренных задач.

В первой главе представлены результаты исследования плоскопараллельного движения в жидкости гладкого профиля, управляемого посредством внутреннего ротора.

28 04 22

Последовательно рассмотрены варианты для идеальной и вязкой жидкости; нулевой, постоянной и переменной циркуляции; кругового и эллиптического профилей. Установлены условия, при которых фазовая траектория системы является компактной, либо возможно в среднем ее прямолинейное движение. Показано, что в системе могут возникать как регулярные, так и странные аттракторы.

Вторая глава диссертации посвящена описанию плоскопараллельного движения в жидкости гладкого профиля с подвижной внутренней массой, траектория которой является управляющим параметром. Получены решения, определяющие, что в идеальной жидкости при постоянной циркуляции фазовая траектория системы и траектория тела являются компактными. Численно получены условия, в которых возможно в среднем прямолинейное движение.

В третьей главе рассмотрено плоскопараллельное движение гладкого профиля в жидкости под действием периодических внешних силы и момента сил. Аналитически исследован случай движения кругового профиля в идеальной жидкости. Установлены резонансы, возникающие в системе при условии, что среднее значение внешнего момента равно нулю. Показано, что в случае ненулевого среднего значения внешнего момента в системе возникает асимптотическая устойчивость по части переменных. Численно исследовано движение эллиптического профиля в идеальной жидкости в случае, когда внешняя сила действует вдоль одной из его главных осей, а внешний момент отсутствует. Показано, что в случае движения эллиптического профиля в вязкой жидкости под действием внешних периодических силы и момента сил в системе могут возникать как регулярные, так и странные аттракторы.

В четвертой главе рассмотрена задача об устойчивости перманентных вращений и периодических движений твердого тела с неподвижной точкой, периодически изменяющимися моментами инерции и постоянным гиростатическим моментом. Показано, что при периодическом возмущении случая Эйлера – Пуансо (при нулевом гиростатическом моменте) в системе существуют три пары перманентных вращений, соответствующих вращениям тела вокруг главных осей инерции. Показано, что устойчивые вращения могут становиться неустойчивыми при периодическом изменении моментов инерции. С помощью численных расчетов показано, что области неустойчивости имеют форму языков Арнольда, границы которых вычислены приближенно в виде полиномов с помощью метода гармонического баланса. Показано, что при периодическом возмущении случая Жуковского-Вольтерра (при постоянном ненулевом гиростатическом моменте) в окрестности перманентных вращений возникают периодические решения. Для случая Лагранжа, соответствующего наличию динамической симметрии, с периодически изменяющимися моментами инерции рассмотрено влияние линейного по угловым скоростям трения и постоянного внешнего момента сил на устойчивость перманентных вращений.

В пятой главе рассмотрена задача о качении уравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения. Построены уравнения движения, указаны их первые интегралы. Численно исследована устойчивость плоскопараллельных движений системы, соответствующих качению вдоль главных плоскостей инерции. Показано, что данные движения являются квазипериодическими и продемонстрирована неконсервативность динамики рассматриваемой системы. В случае движения на ненулевом

уровне интеграла момента обнаружено, что одним из сценариев возникновения странных аттракторов в системе является конечное число бифуркаций удвоения тора.

В шестой главе рассмотрена задача о качении неуравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения при периодических изменениях моментов инерции и гиросtatического момента. Построены уравнения движения, указаны их первые интегралы и симметрии. Указаны условия, при выполнении которых система допускает инвариантные многообразия, соответствующие плоскопараллельным движениям. При наличии периодического изменения моментов инерции динамика на указанном инвариантном многообразии становится неинтегрируемой, при этом хаос рождается вследствие расщепления сепаратрис. Исследована устойчивость верхнего и нижнего положений равновесия системы. Показано, что неуравновешенное сферическое тело может быть стабилизировано в окрестности верхнего неустойчивого положения равновесия за счет периодических изменений гиросtatического момента.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Научная новизна рассматриваемой работы характеризуется следующими основными результатами, полученными на основе применения аналитических и численных методов:

- решение задачи о плоскопараллельном движении в жидкости гладкого профиля с внутренним управляемым ротором, периодически движущейся внутренней массой, под действием внешних периодических силы и момента при нулевой, постоянной и переменной периодически изменяющейся циркуляции; идеальной и вязкой жидкости; кругового и эллиптического профилей;

- установление условия компактности фазовой траектории системы и траектории тела и полученные условия, в которых возможно в среднем прямолинейное движение;

- решение задачи о вращении твердого тела с неподвижной точкой, периодически изменяющимися моментами инерции при постоянном гиросtatическом моменте;

- решение задачи о качении уравновешенного и неуравновешенного сферического тела по плоскости без проскальзывания и верчения в случае периодически изменяющихся моментов инерции и гиросtatического момента.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Разработанные автором формулировки, методы решения и полученные результаты могут быть использованы в теории динамических систем, вычислительной механике и робототехнике при разработке и практическом применении объектов (мобильных роботов), движущихся под действием внутренних управляющих воздействий.

Достоверность и обоснованность полученных автором результатов обеспечивается использованием при построении моделей фундаментальных законов сохранения движения, применением использованием строго доказанных теорем и утверждений, апробированных методик решения, согласованностью результатов модельных расчетов с известными решениями.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, в нем последовательно раскрыты поставленные цели и задачи исследования, представлены основные результаты работы, сформулированы положения, выносимые на защиту. Результаты и выводы в автореферате соответствуют поставленным цели и задачам исследования.

По работе имеется ряд **замечаний**:

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, описывающая 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.

Отмеченные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

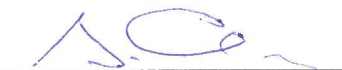
Заключение. Диссертация Ветчанина Е.В. соответствует отрасли «физико-математические науки», ее содержательная часть и полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 01.02.01 - Теоретическая механика по областям исследований «Общая механика. Аналитическая механика» (п.1), «Теория устойчивости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

Отзыв рассмотрен и утвержден 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.

Главный научный сотрудник,
доктор физико-математических наук
(05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ)

Я, Карпов Александр Иванович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Е.В. Ветчанина.



Карпов Александр Иванович

Ведущий научный сотрудник,
доктор технических наук
(05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ)

Я, Митюков Николай Витальевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Е.В. Ветчанина.



Митюков Николай Витальевич

25.04.2022 г.

Подписи А.И. Карпова и Н.В. Митюкова удостоверено

Главный специалист отдела кадров УдмФИЦ УРО РАН



Л.П. Державина

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

Адрес: 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34.

Тел. (3412) 50-82-00.

Email: udnc@udman.ru

Web: <http://www.udman.ru>