

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию С.В. Соколова “Топологические и качественные методы анализа динамики твердого тела и идеальной жидкости”, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертационная работа С.В. Соколова посвящена актуальной проблеме исследования развития топологических методов исследования интегрируемых гамильтоновых систем применительно к широкому классу задач динамики твердого тела и идеальной жидкости.

Работа состоит из введения, подробного обзора литературы, семи глав, заключения и списка цитируемой литературы из 231 наименования.

Во **введении** приводится обоснование актуальности темы исследований, дается описание применяемых методов, излагаются поставленные цели, формулируются научная новизна исследований, теоретическая и практическая значимость основных результатов. Приводится подробный обзор литературы по различным аспектам темы диссертационной работы.

Первая глава содержит результаты анализа движений двух прямолинейных вихревых нитей в жидкости внутри бесконечного кругового цилиндра. Показано, что бифуркационные диаграммы и бифуркационные комплексы для системы двух вихревых нитей с интенсивностями противоположных знаков в бозе-эйнштейновском конденсате и в идеальной жидкости являются топологически эквивалентными. Для некоторых частных случаев построено общее для обеих задач однопараметрическое семейство интегрируемых гамильтонианов. Для вихревых нитей с интенсивностями одного знака соответствующие бифуркационные диаграммы, найденные с помощью метода критических подсистем, имеют качественные различия. Исследован характер критических траекторий. Для двух вихревых нитей в бозе-эйнштейновском конденсате аналитически получены результаты бифуркационного анализа, справедливые при произвольном отношении интенсивностей.

Во **второй главе** анализируется интегрируемая гамильтонова система для движений кругового цилиндра и вихревой нити, помещенных в покоящуюся на бесконечности безграничную идеальную жидкость. Такая структура описывается системой с двумя степенями свободы, интегрируемой по Лиувиллю. Рассматривается частный случай движений системы, при которых совместная поверхность уровня двух первых интегралов компактна, т. е. диффеоморфна двумерному тору. Приведена классификация возможных особых периодических движений, соответствующих бифуркационным кривым.

В **третьей главе** дан анализ движений бесконечного кругового цилиндра, взаимодействующего с прямолинейными вихревыми нитями в идеальной жидкости с учетом циркуляционного обтекания цилиндра внешним потоком и при наличии силы

гравитации. Показано, что система с двумя степенями свободы является неинтегрируемой и демонстрирует свойства хаотичности даже в случае одной вихревой нити.

Четвертая глава посвящена исследованию взаимодействия кругового цилиндра и пары вихревых нитей в поле тяжести. По существу, это обобщение известной задачи Фёппля на случай учета гравитации. Рассматривается частный (ограниченный) случай, когда масса цилиндра достаточно велика, и, следовательно, влияние на него вихрей пренебрежимо мало. Дано доказательство невозможности существования стационарной конфигурации цилиндра и вихревой пары. С помощью численных расчетов построена классификация характерных сценариев взаимодействия цилиндра и вихревой пары.

В **пятой главе** исследуется взаимодействие цилиндрического твердого тела с одним вихрем с учетом силы тяжести с основным упором на механизм хаотического рассеяния вихрей. Показано, что при нулевой циркуляции внешнего поля и достаточно большом удалении вихря от цилиндра вертикальная координата последнего неограниченно убывает. Если первоначально вихрь расположен вблизи цилиндра, то его траектории могут носить некомпактный характер. Проведено исследование зависимости конечного времени захвата вихря окрестностью цилиндра и функций рассеяния для траекторий вихря.

Шестая глава посвящена изложению обобщения интегрируемого случая С.В. Ковалевской для движений твердого тела вокруг неподвижной точки на примерах задач об обобщенном двухполюсовом гиростате и волчке Ковалевской в неевклидовом пространстве. Явно определено семейство периодических решений и получены новые инвариантные соотношения для критической подсистемы обобщенного двухполюсового гиростата. Дано описание движения волчка Ковалевской в неевклидовом пространстве. Приведен алгоритм разделения уравнений для случая интегрируемости Ковалевской в неевклидовом пространстве.

В **седьмой главе** исследуются фазовые топологические свойства и дается механическая интерпретация интегрируемому случаю Адлера–ван Мёрбеке на алгебре Ли $so(4)$ с дополнительным интегралом четвертой степени. В явном виде представлена спектральная кривая, коэффициенты которой являются первыми интегралами данного интегрируемого случая. Построена бифуркационная диаграмма отображения момента интегрируемого случая Адлера–ван Мёрбеке. Отмечено наличие связи рассматриваемого случая другими классическими механическими системами. Изложен алгоритм построения связных компонент инвариантных многообразий интегрируемой гамильтоновой системы Адлера–ван Мёрбеке для заданных значений констант первых интегралов и функций Казимира.

В **Заключении** формулируются основные результаты работы, выносимые на защиту, и отмечается, что развитые и диссертационной работе методы топологического и качественного исследования динамических систем могут найти широкое применение в многочисленных современных задачах, связанных с анализом динамических свойств вихрей в сильнокоррелированных системах.

В целом, диссертация представляет собой логически построенный цельный научный труд, посвященный топологическому и качественному анализу различных

задач о движении твердого тела и вихрей в бозе-эйнштейновском конденсате и идеальной жидкости.

Укажем теперь некоторые **замечания**:

1. Представляется неудачным формулировка темы диссертации «Топологические и качественные методы анализа динамики твердого тела и идеальной жидкости». Обозначенная тема предполагает, что диссертация посвящена **разработке новых методов** анализа, в то время как основное содержание работы состоит в **анализе** динамики твердого тела и идеальной жидкости с помощью известных методов. Однако это замечание адресовано не сколько диссертанту, как научному консультанту.
2. Во **введении**, в параграфе «Степень разработанности темы исследования», говорится, что теория топологических инвариантов интегрируемых систем со многими степенями свободы построена в работах А.Т. Фоменко в 1988-1991 гг. Здесь следовало бы дать указание на соответствующие ссылки, имеющиеся в списке литературы.
В параграфе «Степень достоверности и апробация результатов» приводится лишь список докладов на семинарах, международных и всероссийских конференциях, но ничего не говорится о степени достоверности полученных результатов.
3. В начале раздела **Обзор литературы** подробно излагается история проблемы качественного и топологического анализа динамических систем, затем следует параграф «Современные исследования», где автор первоначально действительно обращается к свежим литературным источникам, но затем вновь переходит к анализу классических результатов. Представляется, что выделение этой части обзора в качестве отдельного параграфа является излишним.
В обзоре также явно недостает ссылок на имеющие отношение к теме результаты Н. Villat (А. Вилля) и В.В. Мелешко, а также на последние работы Л.Г. Куракина с соавторами.
4. В формулировках **Предложений 1 и 2 главы 1** о критичности траекторий N_1 и N_2 используется термин «знак квадрата характеристического показателя μ^2 ». На наш взгляд, правильнее было бы различать случаи мнимого и действительного значений параметра μ .
5. Замечание, касающееся практически всех рисунков: подрисуночные подписи следовало бы сделать более подробными, т. е. дать полное объяснение обозначений, смысла раскраски и цвета кривых и т. д.
6. Замечание, касающееся общей структуры диссертации: главы 3-5, посвященные взаимодействию бесконечного твердого цилиндра с вихревыми нитями с учетом силы тяжести, вполне могли быть объединены в одну главу.
7. К сожалению, в диссертации и в автореферате содержится достаточно большое количество пунктуационных и стилистических ошибок.

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

Несомненным достоинством работы является то, что помимо новых результатов, полученных автором, она содержит также указания на перспективные проблемы, решение которых возможно при помощи используемых в диссертации методов.

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 по теории вихрей могут быть использованы в научных разработках Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Института водных проблем РАН, а результаты по динамике твердого тела во внешних полях - в исследованиях Института механики МГУ, Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Считаю, что 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, Сергей Викторович Соколов, безусловно 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

«12» сентября 2018 г.



Соколовский Михаил Абрамович

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

телефон 8-499-783-37-56, доб. 255,

адрес электронной почты: sokolovskiy@iwp.ru

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



СОГЛАСИЕ НА ОБРАБОТКУ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

г. Москва

«12» сентября 2018 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)