

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу Артемовой Елизаветы Марковны
«Исследование динамики точечных особенностей и их влияния на движение
твердого тела в идеальной жидкости», представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.7. – «Теоретическая механика, динамика машин»
в диссертационный совет 24.2.327.08 на базе Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Актуальность темы исследования

В диссертации Артемовой Е.М. рассматривается ряд гидродинамических задач:

1. О движении твердого тела в присутствии точечной особенности (Глава 1).
2. О движении вихревых решеток (Глава 2).
3. О движении вихревых цепочек (Глава 3).

Задачи исследуются в предположении, что жидкость идеальна, поэтому динамика описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями, для исследования которых применяются нетривиальные результаты теории динамических систем.

Все рассмотренные задачи представляют интерес для развития теоретической гидромеханики, и поэтому диссертационное исследование Артемовой Е.М. представляется актуальным.

Структура и содержание работы

Диссертация изложена на 109 страницах и состоит из введения, трех основных глав и заключения. Список литературы включает 83 наименования.

В первой главе диссертации рассматривается новая задача о плоскопараллельном движении кругового цилиндра в присутствии неподвижной точечной особенности (источника или вихря). Показано, что при нулевой собственной циркуляции цилиндра неподвижный источник и неподвижный вихрь оказывают одинаковое силовое воздействие на цилиндр.

В разделе 1.1 исследовано движение уравновешенного кругового цилиндра в присутствии неподвижного источника при нулевой собственной циркуляции. Показано, что уравнения движения интегрируемы при постоянной интенсивности источника и допускают неустойчивое периодическое решение. Данное решение может быть стабилизировано за счет изменения интенсивности источника посредством обратной связи.

В разделе 1.2 рассмотрено влияние собственной циркуляции на движение уравновешенного цилиндра в присутствии неподвижной точечной особенности. Уравнения движения представлены в лагранжевой форме с обобщенным потенциалом и в гамильтоновой форме. Показано, что в случае неподвижного вихря уравнения движения редуцируются к системе с одной степенью свободы и интегрируемы. В случае неподвижного источника уравнения движения редуцируются к неавтономной системе с полутора степенями свободы. Исследование последней выполнено с использованием адиабатического инварианта и численно. Различия в динамике для указанных случаев объясняются с физической точки зрения на основе анализа распределения давления.

В разделе 1.3 рассмотрено влияние смещения центра масс на движение кругового цилиндра в присутствии неподвижного источника при нулевой собственной циркуляции. Уравнения движения представлены в лагранжевой и гамильтоновой формах, указаны первые интегралы. Показано, что у такой системы не существует устойчивых компактных траекторий.

Во второй главе исследуется задача о движении квадратных вихревых решеток, которая эквивалентна задаче о движении точечных вихрей на плоском торе. Уравнения движения представлены в гамильтоновой форме с помощью рядов, приведен анализ сходимости рядов. Показано что уравнения движения допускают два дополнительных первых интеграла. Далее в разделах исследуется динамика движения 2, 3 и 4 вихрей.

В разделе 2.1 изучена динамика двух вихрей на плоском торе. Приведена процедура редукции на уровень первых интегралов. Показано, что динамика системы не зависит от интенсивностей вихрей, за исключением случая вихревой пары. Построен характерный фазовый портрет.

В разделе 2.2 рассмотрена динамика трех вихрей на плоском торе в случае суммарной ненулевой интенсивности, поскольку случай суммарной нулевой интенсивности изучен. Приведена процедура редукции к гамильтоновой системе с двумя степенями свободы. Исследование редуцированной системы проводится стандартным методом – построением отображения Пуанкаре. Приведены примеры отображений для разных параметров рассматриваемой системы, содержащих хаотические слои, что свидетельствует о неинтегрируемости.

В разделе 2.3 показано, что задача о движении четырех вихрей допускает центрально-симметричное инвариантное многообразие и далее проводится исследование движения на этом многообразии. Приведены процедура редукции, которая сводит рассматриваемую систему к гамильтоновой системе с двумя степенями свободы. Построены отображения Пуанкаре, на которых (как и в случае трех вихрей) видны хаотические слои.

В третьей главе рассматривается задача о движении вихревых дорожек в полосе жидкости. Данная задача эквивалентна задаче о движении двух точечных вихрей на плоском цилиндре конечной длины. Построены уравнения движения, указан дополнительный первый интеграл. В данной главе подробно исследована задача о движении двух вихрей на ограниченном плоском цилиндре. Проведен полный бифуркационный анализ. Указаны возможные типы диаграмм при различных параметрах системы, приведены все возможные фазовые портреты.

Новизна полученных результатов

В диссертации Е.М. Артемовой предложена новая задача о плоскопараллельном движении кругового цилиндра в присутствии неподвижной точечной особенности (источника или вихря). Рассматриваются случаи уравновешенного и неуравновешенного цилиндра, а также случай наличия у цилиндра собственной циркуляции.

Также в диссертации Е.М. Артемовой показано, что система двух вихрей на торе является интегрируемой, а вид фазового портрета не зависит от интенсивности вихрей. Система трех вихрей на плоском торе при суммарной ненулевой интенсивности неинтегрируема. Также указана неинтегрируемость задачи о

движении четырех вихревых решеток на центрально-симметричном инвариантом многообразии. Построена новая математическая модель, описывающая движение точечных вихрей на плоском ограниченном цилиндре. Полностью описан случай двух вихрей.

Достоверность результатов исследования

Достоверность получаемых в диссертации результатов обусловлена математической строгостью используемых аналитических методов теоретической механики и теории динамических систем, а также численной верификацией аналитических расчетов. Основные результаты опубликованы в ведущих рецензируемых журналах из Перечня ВАК и приравненных к ним зарубежных, а также докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Теоретическая и практическая значимость

Результаты диссертации Е.М. Артемовой носят теоретический характер и могут быть использованы в теоретической механике и гидродинамике, а также в приложении к теории динамических систем.

Замечания по диссертационной работе

1. По тексту диссертации встречаются опечатки и присутствуют незначительные дублирования текста.
2. В работе (впрочем, как и в ряде цитируемых в диссертации источников) недостаточно обоснована корректность использования рядов при анализе уравнений движения вихревых решеток.
3. Выводы пункта 1.2.3 интересны, но требуют дополнительных пояснений. Поскольку в случае движущегося профиля (нестационарная ситуация) интеграл Бернулли место не имеет.

Замечание в целом не оказывают влияния на общее положительное впечатление от полученных автором результатов.

Заключение

Считаю, что диссертация Артемовой Е.М. «Исследование динамики точечных особенностей и их влияния на движение твердого тела в идеальной жидкости» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой. Автором получены новые результаты, относящиеся к теоретической гидродинамике. Опубликовано достаточное количество работ в авторитетных изданиях в области теоретической механики и динамических систем. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, а ее автор, Артемова Е.М. заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории прецизионной оптомехатроники
ФГАОУ ВО «Московский физико-технический
институт (национальный исследовательский
университет)»

Рам
05.12.24

Рамоданов Сергей Михайлович

Контактная информация:

141701, Московская область, Долгопрудный, Институтский пер. 9, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

E-mail: ramodanov@mail.ru

Телефон: 8-926-289-86-64

Подпись Рамоданова Сергея Михайловича удостоверяю

Ученый секретарь института

(должность)



(подпись)

Евсеев Е.Г.

(Ф.И.О.)