

ОТЗЫВ

официального оппонента

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 в диссертационный совет Д 212.125.14 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Диссертационная работа Е.В. Ветчанина посвящена исследованию характерных особенностей динамики гидродинамических и неголономных систем с периодическим управлением. Подобные системы возникают при моделировании движения твердых тел в жидкости и качения тел по твердым поверхностям. В работе представлены исследования обобщений известных математических моделей на случай периодических управлений. К этому классу относятся многие задачи, имеющие большое практическое значение, например, в робототехнике, в механике передвижных и летательных аппаратов. В последние годы происходит активное развитие теории многомерных динамических систем со сложным поведением траекторий, создание на основе этой теории новых методов компьютерного и качественного анализа математических моделей физических процессов и новых алгоритмов для управления этими системами. Таким образом, избранная автором тема диссертационной работы является актуальной.

Диссертация Е.В. Ветчанина изложена на 252 страницах и состоит из введения, шести глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Во введении приведены обоснование актуальности выбранной темы диссертации, аргументирована научная новизна и практическая значимость результатов исследований, представлены выносимые на защиту научные положения. В обзоре литературы описаны основные этапы развития и важнейшие результаты, полученные в исследуемой научной области с начала её развития в XIX веке до настоящего времени.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

27.04.2022

В первой главе исследуется плоскопараллельное движение гладкого профиля в жидкости за счет периодических колебаний внутреннего ротора. Выполнен качественный анализ динамики для движения в идеальной и вязкой жидкостях. Для случая движения в идеальной жидкости (в отсутствие трения и при постоянной циркуляции) указаны первые интегралы системы. Показано, что фазовые траектории и траектории движения профиля являются ограниченными. В случае нулевой циркуляции показано, что неограниченное самопродвижение возможно лишь на ненулевом уровне интеграла импульса. Также исследован случай движения профиля в вязкой жидкости, для которого автором приняты допущения о линейной зависимости вязкого сопротивления от скорости и периодической зависимости циркуляции от времени. Данный случай отличается от предыдущего отсутствием первых интегралов.

С помощью метода разложения по малому параметру показано, что специальным выборе величин, характеризующих изменение циркуляции возможно в среднем прямолинейное самопродвижение кругового профиля в жидкости. С помощью численного анализа показано, что самопродвижение оказывается возможным и для эллиптического профиля. Кроме того, с помощью построения отображений Пуанкаре показано, что в рассмотренной системе могут существовать аттракторы как регулярные, так и странные. Продемонстрировано, что одним из сценариев возникновения странных аттракторов в системе является каскад бифуркаций удвоения периода.

Во второй главе исследуется движение гладкого профиля в жидкости за счет колебаний внутренней материальной точки. Показано, что при движении в идеальной жидкости (в отсутствие вязкого трения и при постоянной циркуляции) фазовые траектории системы и траектории движения профиля являются ограниченными кривыми. Рассмотрен случай движения в вязкой жидкости в случае постоянной циркуляции и линейного по скоростям сопротивления. Исследован вопрос о возможности неограниченного самопродвижения. Также показано, что в рамках предложенной модели могут возникать странные аттракторы.

В третьей главе рассмотрена задача о движении гладкого профиля в жидкости под действием периодических внешних силы и момента сил. Аналитически исследован случай движения кругового профиля в идеальной жидкости, указаны резонансные ситуации, обнаружена асимптотическая устойчивость по части переменных. С помощью отображений Пуанкаре показано, что уравнения движения эллиптического профиля в идеальной жидкости являются неинтегрируемыми.

Показано, что при добавлении в модель вязкого трения линейного по скоростям в системе могут возникать странные аттракторы.

В четвертой главе рассмотрена модельная задача о движении твердого тела с неподвижной точкой и периодически изменяющимися моментами инерции. Автор принимает допущение, что центр масс тела совпадает с неподвижной точкой и не изменяет своего положения во время движения. Исследована устойчивость перманентных вращений в зависимости от частоты и амплитуды изменения моментов инерции. Указаны точные выражения для резонансных частот. Также с помощью метода гармонического баланса построены уравнения для границ областей неустойчивости на плоскости параметров «частота – амплитуда» изменения моментов инерции. Показано, что области неустойчивости имеют форму так называемых языков Арнольда. Исследованы вопросы устойчивости перманентных вращений и периодических решений при наличии постоянного гиростата, динамической симметрии и вязкого сопротивления. Численно показано возникновение хаоса в системе.

В пятой главе рассмотрено движение уравновешенного шара по плоскости без проскальзывания и верчения под действием периодического изменения моментов инерции и гиросtatического момента. С помощью построения карт старшего показателя Ляпунова и на основе понятия технической устойчивости исследована устойчивость плоскопараллельных движений шара. Показано, что области неустойчивости имеют форму языков Арнольда, причем области неустойчивости перекрывают друг друга. Продемонстрирована стабилизация неустойчивого плоскопараллельного движения шара за счет периодического изменения моментов инерции. С помощью отображений Пуанкаре и бифуркационных диаграмм показано, что в системе могут возникать странные аттракторы. Обнаружено два сценария возникновения странных аттракторов: каскад бифуркаций удвоения периода и конечная последовательность бифуркаций удвоения тора.

В шестой главе рассмотрено движение неуравновешенного шара по плоскости без проскальзывания и верчения под действием периодического изменения моментов инерции и гиросtatического момента. Указаны условия, при которых возможно плоскопараллельное движение. Показано, что данное плоскопараллельное движение может становиться хаотическим под действием периодического изменения моментов инерции. При этом хаос возникает вследствие расщепления сепаратрис и является гамильтоновым. Исследован вопрос стабилизации верхнего положения равновесия. Показано, что возможна стандартная гироскопическая стабилизация за счет постоянного гиростата. Кроме

того, оказывается возможной стабилизация в окрестности верхнего положения равновесия за счет периодического изменения гиростатического момента. Исследован вопрос устойчивости нижнего положения равновесия. Показано, что оно может терять устойчивость под действием периодического изменения моментов инерции.

Таким образом, можно сделать вполне обоснованное заключение о том, что все результаты, выносимые на защиту в диссертационной работе Е.В. Ветчанина, являются новыми, хорошо соотносятся с известными результатами и, несомненно, будут использованы в дальнейшем при систематических исследованиях явлений самопродвижения твердых тел в жидкости, устойчивости и стабилизации движения при использовании различного периодического управления.

Диссертация хорошо оформлена, а замечания по диссертации сводятся только к нескольким методическим моментам:

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

Высказанные выше замечания носят частный характер и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. В целом, представленная диссертация представляет собой выполненную на высоком научном уровне законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему и содержащую решение задач, имеющих существенное значение для современной механики, физики и математики. Результаты диссертационной работы прошли достаточную апробацию на научных конференциях и семинарах и своевременно опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах. При написании диссертации автор правильно и полно ссылается на источники заимствования материалов и отдельных результатов, приведённые в библиографическом списке.

Принимая во внимание актуальность темы диссертации, научную новизну и значимость полученных результатов, считаю, что представленная работа Е.В. Ветчанина полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по

специальности 01.02.01 — теоретическая механика, и, вне всякого сомнения, автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук. Все результаты, выносимые на защиту, получены автором впервые, своевременно опубликованы в журналах с высоким импакт-фактором, обсуждались на престижных российских и международных конференциях и получили высокую оценку специалистов. Автореферат правильно передает содержание диссертации.

Официальный оппонент,
Доктор физико-математических наук,
профессор кафедры вычислительной
физики физического факультета СПбГУ



А.В.Цыганов

21.04.2022

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»
Почтовый адрес: 199034, г. Санкт-Петербург,
Университетская набережная, д. 7/9,
Тел. +7 (812) 428 - 43 - 43
Эл. почта: a.tsyganov@spbu.ru
Сайт: <http://spbu.ru>

Личную подпись
А.В. Цыганов
заверяю
И.О. начальника отдела кадров И.И. Константинова
И.И. Константинова



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.htm>