



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44
E-mail: bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

№ _____

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-проректор
по научной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
д.т.н., профессор

В.Н. Зимин

2018 г.

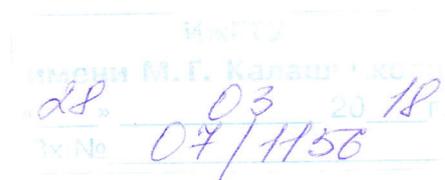


ОТЗЫВ

ведущей организации «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Илалетдинова Ленара Фаритовича «Разработка модели управления движением тела с винтовой симметрией и внутренними роторами в вязкой жидкости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)

Актуальность темы исследования

Проблема управления движением устройств, способных перемещаться за счет внутренних подвижных масс, решается на протяжении последних лет и до настоящего времени является актуальной.



Необходимость решения данной проблемы вызвана практическим интересом к устройствам, способным совершать управляемое движение в объеме вязкой жидкости, не взаимодействуя с ней напрямую. Создание модели управления подобным движущимся устройством является определяющим условием его практического применения для решения различных задач.

Общая характеристика и содержание диссертации

Во введение обоснована актуальность задачи управления движением устройств, способных перемещаться в жидкости за счет движения (поступательного или вращательного) внутренних масс.

В первой главе приводится история создания и классификация устройств, движущихся за счет внутренних подвижных масс и вращения внутренних роторов, а также раскрывается их практическая значимость и востребованность в различных сферах. Исследуемое подвижное тело имеет форму трехлопастного винта и содержит внутри корпуса три ротора. Обоснована необходимость расчета гидродинамических параметров движения тела для разработки модели управления.

Во второй главе описана математическая модель движения тела с внутренними подвижными роторами в вязкой жидкости. Приводится обзор популярных программных комплексов в области вычислительной гидродинамики, описываются используемые математические модели. Автор обосновывает необходимость отдельного расчета стационарных составляющих сил и моментов, действующих на тело со стороны жидкости при поступательном и вращательном движении, и нестационарных - через коэффициенты присоединенных масс, поскольку совместный расчет затруднителен. Также выдвигается идея о том, что серия трехмерных расчетов вязких сил и моментов при различных угловых и поступательных скоростях при различных положениях тела позволит построить феноменологическую модель.

В третьей главе проводится аппроксимация вязких сил и моментов, действующих на тело, как функции кинематических характеристик винта, с применением искусственных нейронных сетей. Приведена схема работы нейронной сети и фрагмент ее программной реализации. Аппроксимированные значения сил и моментов необходимы для построения модели управления.

В четвертой главе представлена модель управления движением тела в виде трехлопастного винта с внутренними роторами в вязкой жидкости. Показана неустойчивость движения рассматриваемого тела на примере задачи о его свободном падении в жидкости. Автор приводит математическую модель движения тела с учетом внутренних роторов, формулирует алгоритм и задачу оптимального управления. Задача решена численно с использованием генетического алгоритма. Также приводится траектория движения тела (проекция на плоскость) и зависимость угловых скоростей роторов от времени.

Научная новизна результатов исследований

1. На основе численного эксперимента по исследованию движения винтового тела в вязкой жидкости с применением нейронных сетей получены зависимости сил и моментов, действующих на тело со стороны жидкости, от кинематических и динамических характеристик движения.

2. Построены карты режимов устойчивости движения винтообразного тела в поле сил тяжести в идеальной и вязкой жидкости.

3. Разработан алгоритм управления движением тела с винтовой симметрией в вязкой жидкости с помощью вращения 3-х внутренних роторов.

4. С применением генетического алгоритма решена задача оптимального управления движением трехлопастного винтового тела в окрестности заданной траектории.

5. Методика построения модели управления движением инерциоидов в вязкой среде.

Значимость полученных результатов для науки и практики

Автором предложена методика построения модели управления движением инерциоидов в вязкой жидкости. Известная модель для движения в идеальной жидкости переработана с учетом вязких составляющих сил и моментов, представляющих собой аппроксимирующую зависимость для многочисленных вариантов движения. Гидродинамические параметры движения тела в вязкой жидкости при различных углах Эйлера, угловых и поступательных скоростях получены численным решением уравнений Навье-Стокса.

Теоретические результаты работы могут быть использованы для разработки алгоритмов управления движением устройств с внутренними движителями и исследования их эффективности.

Результаты исследования могут лечь в основу технических решений по управлению движением устройств с подвижными внутренними массами и роторами, обеспечив этим их практическое внедрение. Предложенная модель инерциоида в виде трехлопастного гребного винта, вращающегося за счет внутренних роторов и движущегося поступательно за счет силы тяги винта, позволяет повысить его бесшумность и скрытность.

Общие замечания по работе

1. Нечетко сформулированы динамические свойства объекта управления, в частности, нет данных о динамике системы, переходных процессах, точности перемещения по заданной траектории.

2. Не до конца раскрыта структура системы как объекта управления, в частности, алгоритм управления скоростью вращения встроенных в объект роторов.

3. В параграфе 2.2 излагаются уравнения, описывающие гидродинамику обтекания тела, но отсутствуют ссылки на литературные источники, кроме упоминания о вычислительном комплексе Ansys CFX.

4. На стр.57 имеются неточности в сравнительном анализе величин теоретических и рассчитанных присоединенных масс. Рис.2.13 свидетельствует о лучшем согласовании, нежели числа, приводимые автором.

5. В параграфе 2.3 следовало бы привести результаты численного анализа сеточной сходимости метода вместо утверждения "Вблизи тела адаптация сетки до 1 мм с дополнительным разбиением в 10 слоев для точного разрешения пограничного слоя".

6. Уравнения движения тела дублируются в формулах (2.9) - (2.13) второй главы и в формулах (4.34) - (4.39) четвертой главы. Вдобавок начиная с формулы (4.38) произошел сбой в порядке нумерации, что заставляет сделать замечание о небрежности оформления текста диссертации.

7. Для решения сопряженной задачи о движении тела под действием вязких сил и моментов необходимо было привести более подробное описание взаимодействия движущегося тела и жидкости. Теоретически расщепление обосновано только для идеальной жидкости.

Соответствие паспорта специальности

Область исследования соответствует требованиям паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике):

- пункту 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

- пункту 5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

**Заключение о соответствии диссертации критериям,
установленным положением порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация Илалетдинова Ленара Фаритовича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне.

В работе содержится разработка модели управления движением устройства с внутренними роторами в вязкой жидкости.

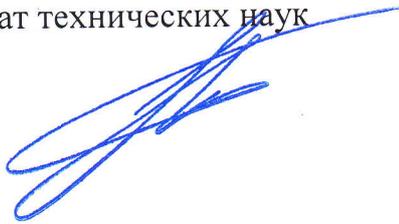
Полученные автором результаты, выводы и заключения обоснованы и достоверны. Диссертация написана ясным и грамотным языком, отличается логичностью и последовательностью изложения автором результатов исследования.

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 9 публикациях, том числе 6 статьях, опубликованных в рецензируемых изданиях из Перечня ВАК РФ.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, диссертационная работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор – Илалетдинов Ленар Фаритович - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике).

Диссертация рассмотрена и одобрена на расширенном заседании кафедры «Ракетные и импульсные системы». Отзыв заслушан и утвержден на расширенном заседании кафедры «Ракетные и импульсные системы» (протокол №3 от 15.02.2018 г.).

Заместитель заведующего кафедрой по научной работе, доцент кафедры «Ракетные и импульсные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кандидат технических наук



Быков Никита Валерьевич

Контактные данные:

105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, д. 5, стр. 1

Тел.: (499)263-68-62; e-mail: bykov@bmstu.ru