

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Фрейдина Александра Борисовича на диссертацию Смирнова Алексея Сергеевича на тему «Динамика, управление движением и оптимизация режимов гашения колебаний пространственного двойного маятника», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Диссертация А.С. Смирнова посвящена исследованию динамического поведения пространственного двойного маятника. Целью работы является развитие теории такой системы, включающей рассмотрение консервативных, диссипативных и управляемых моделей в линейной и нелинейной постановках и нахождение оптимальных параметров пассивного и активного гашения колебаний.

Теоретическая значимость и научная новизна работы обусловлены потребностями развивающегося раздела механики – динамики маятниковых конструкций. В диссертации рассмотрен пространственный двойной маятник с идентичными параметрами грузов и звеньев, что само по себе представляет сложную задачу и имеет большой интерес, но результаты диссертации могут также служить основой для дальнейшего изучения сложных маятников. В работе впервые построено подробное аналитическое решение задачи о малых колебаниях пространственного двойного маятника при отсутствии и наличии вязкого трения в шарнирах, изучены различные режимы колебаний, проведен совместный учет диссипативных и управляющих воздействий, поставлены и исследованы задачи оптимизации гашения колебаний.

Практическая значимость связана с возможностью применений в робототехнике и биомеханике при разработке разнообразных манипуляторов.

Достоверность обеспечена использованием проверенных математических методов и сравнением частных случаев с известными результатами.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 156 наименования и изложена на 171 странице.

Введение содержит формулировку целей и задач исследования, обоснование актуальности темы, новизны, достоверности, научной и практической значимости работы, а также представляет работу в целом.

Первая глава посвящена «концентрированной» истории исследований двойного маятника и современным направлениям его исследований и естественным образом подводит к новым задачам, решаемым в диссертации. Глава имеет самостоятельный интерес.

Во второй главе выведены уравнения движения пространственного двойного маятника и рассмотрены его частные варианты.

33-06-1286 от 27.12.2024

В третьей главе построены и изучены нелинейные формы колебаний пространственного двойного маятника и его частных вариантов (использованы асимптотические методы).

В четвертой главе представлены результаты аналитического и численного исследования управляемых движений пространственного двойного маятника и его частных вариантов. Предъявлены различные режимы движения.

Пятая глава посвящена проблемам оптимизации пассивного и активного гашения колебаний пространственного двойного маятника, оптимальному подбору параметров гашения.

В заключении суммируются результаты работы.

К основным новым и важным результатам можно отнести следующие.

- 1) Найдены зависимости частот и форм малых колебаний пространственного двойного маятника с идентичными параметрами грузов и звеньев от угла между шарнирными осями. Построены и проанализированы нелинейные формы колебаний пространственного двойного маятника в первом приближении и его частных вариантов плоского и ортогонального двойного маятника в первом и втором приближениях.
- 2) Определены ключевые величины, отражающие динамическое поведение системы при движении по нелинейной форме. Рассмотрено управляемое движение пространственного двойного маятника.
- 3) Исследована задача оптимального гашения колебаний пространственного двойного маятника под действием диссипативных и управляющих воздействий. Предложены и сравнены два критерия оптимальности: максимизация степени устойчивости системы и минимизация интегрального энерго-временного показателя.

По работе имеются следующие замечания и вопросы:

- 1) В исследованной модели принято, что силы вязкого трения в шарнирах принимаются с одним и тем же диссипативным коэффициентом. Насколько усложнится рассмотрение и какие режимы движения можно ожидать, если отказаться от этого предположения? Насколько усложнятся задачи оптимизации, рассмотренные в последней главе?
- 2) В диссертации рассмотрен случай маятника с одинаковыми грузами и звеньями. Насколько усложнится реализуемость расчетов и обозримость режимов движения если отказаться от этих предположений?
- 3) В работе строятся приближенные решения нелинейных уравнений движения, отвечающие периодическим движениям по нелинейным формам колебаний. Было бы интересно также построить и полное решение нелинейной задачи. Насколько оно усложнится по сравнению с линейным вариантом?
- 4) С чем связано то, что при весьма подробном формульном и графическом представлении результатов в разделах, посвященных нелинейным формам и

управлению, автор не привел графики для второй нелинейной формы колебаний для пространственного двойного маятника, ограничившись только плоским случаем?

Эти замечания не имеют квалификационного значения и скорее являются возможным поводом для дальнейших исследований. Работа обладает внутренним единством и содержит материал, важный для дальнейшего развития теории и понимания динамики и управления движением пространственных систем. Получение именно аналитических результатов исследования сложной проблемы имеет самостоятельное значение для высокой оценки работы. Работа написана хорошим языком, хорошо оформлена и ее интересно читать.

Результаты достаточно полно представлены в 17 публикациях, в том числе в 7 статьях в изданиях, индексируемых базами Scopus и WoS, и 2 статьях в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования России, и апробированы на российских и международных конференциях.

Диссертация Смирнова Алексея Сергеевича на тему: «Динамика, управление движением и оптимизация режимов гашения колебаний пространственного двойного маятника» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития аналитической механики, теории колебаний и управления механическими системами и их оптимизации.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Смирнов Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией математических методов механики материалов Института проблем машиноведения РАН



Фрейдин А.Б.

23.12.2024