

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научно-
инновационной деятельности
Тамбовского государственного
технического университета,
д.т.н., профессор
Муромцев Д.Ю.



« 21 » 12 2015

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»
на диссертационную работу Нгензи Жан Клода
«Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в
вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних
резонансов», представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «механика
деформируемого твердого тела»**

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 40 наименований. Работа изложена на 147 страницах, содержит 30 рисунков.

Диссертационная работа представляет собой логично выстроенное и завершенное научное исследование нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде в условиях внутренних резонансов.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемых к диссертациям, представленным на соискание степени кандидата наук.

Актуальность темы

Актуальность изучения нелинейных свободных колебаний тонких пластинок в вязкой среде в случае, когда пластинка находится в условиях внутреннего резонанса, приводящего к взаимодействию форм колебаний, соответствующих взаимно ортогональным перемещениям, обусловлена тем фактом, что внутренний резонанс является конструкционным резонансом. В отличие от внешнего резонанса, который можно устранить, изменив частоту внешнего воздействия, от внутреннего резонанса зачастую трудно избавиться, поскольку готовую конструкцию уже не переделать, а при конструировании невозможно предугадать наличие в конструкции того или иного резонансного сочетания собственных частот. Поскольку таких сочетаний очень много, то их необходимо детально исследовать.

Поэтому диссертационная работа Нгензи Ж.К., направленная на исследование различных типов внутреннего резонанса, включая комбинационные резонансы аддитивно-разностного типа, является актуальной.

Структура диссертации

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и задачи исследования, научная новизна диссертационной работы, выносимые на защиту научные положения и результаты, дана краткая аннотация по главам и краткий обзор работ, касающихся темы диссертации.

В первой главе приведена постановка задачи о свободных нелинейных колебаниях упругих пластин в вязкой среде, демпфирующие свойства которой определяются дробными производными, в случае, когда колебательные движения описываются системой трех нелинейных уравнений относительно трех перемещений в трех взаимно перпендикулярных направлениях, линейные части которых взаимосвязаны. Предложен новый подход, позволяющий развязать линейные части нелинейных уравнений движения пластинок, используя свойства эрмитовых матриц, при этом функции амплитуд колебаний раскладываются в степенные ряды по малому параметру и зависят от различных масштабов времени, а качестве метода решения нелинейных уравнений используется метод многих временных масштабов, который является одним из методов теории возмущений.

Приведена классификация типов внутреннего резонанса в зависимости от порядка малости вязкости, учитываемой в уравнениях колебаний.

Вторая глава посвящена анализу внутренних резонансов, возникающих в рассматриваемой системе при учете малой вязкости порядка ε . Получены системы нелинейных разрешающих уравнений для амплитуд и фаз колебаний. Для некоторых частных случаев внутреннего резонанса два-к-одному получены по два первых интеграла: интеграл энергии и функции тока, что позволило автору свести задачу к вычислению эллиптических интегралов.

Для внутреннего резонанса два-к-одному получено аналитическое решение методом последовательных приближений, которое позволило исследовать зависимость поведения амплитуд и фаз колебаний от времени при любом значении параметра дробности $0 < \gamma \leq 1$.

Третья глава посвящена анализу внутренних резонансов, возникающих в рассматриваемой системе при учете малой вязкости порядка ε^2 . Получены системы нелинейных разрешающих уравнений для амплитуд и фаз колебаний для случаев внутренних резонансов один-к-одному и комбинационных резонансов аддитивно-разностного типа. Для некоторых частных случаев получены по два первых интеграла: интеграл энергии и функция тока, что позволило свести задачу к вычислению эллиптических интегралов.

Показано, что во время свободных колебаний пластинки, сопровождающихся внутренним резонансом, могут наблюдаться три режима колебаний: стационарный (при отсутствии демпфирования), квазистационарный (демпфирование описывается обычной производной целого порядка) и нестационарный (демпфирование описывается производной дробного порядка).

В четвертой главе проведен качественный численный анализ фазовых портретов на основе гидродинамической аналогии для различных внутренних резонансов 2:1, 1:1 и комбинационных резонансов аддитивного и разностного типов при различных значениях параметров пластинки. Проведенный анализ выявил многообразие колебательных движений: стационарные колебания, двухсторонний энергообмен между рассматриваемыми подсистемами и односторонний энергообмен, при этом при наличии малой вязкости все режимы затухают с течением времени. Анализ фазовых портретов для различных колебательных режимов показал, что они содержат как замкнутые, так и

разомкнутые линии тока, разделенные кривыми-сепаратрисами. Вдоль сепаратрис получены аналитические решения, определяющие необратимую перекачку энергии из одной подсистемы в другую, которые в теории колебаний соответствуют солитоноподобным решениям.

Заключение содержит оценку полученных результатов.

Основные полученные результаты:

1. Решена задача о свободных нелинейных колебаниях упругих пластин в вязкой среде, демпфирующие свойства которой определяются дробными производными в случае, когда колебательные движения описываются системой трех нелинейных уравнений со связанными линейными частями относительно трех перемещений. Предложен новый подход, позволяющий развязать линейные части уравнений движения пластинок.
2. Изучены все возможные внутренние резонансы: 2:1, 1:1, 1:1:1, 1:1:2, а также комбинационные резонансы. Показано, что тип внутреннего резонанса зависит от порядка малости вязкости, учитываемой в уравнениях колебаний.
3. Исследовано влияние параметра дробности, который является структурным параметром, на характер нелинейных колебаний и на механизм перекачки энергии между взаимодействующими модами колебаний.
4. Выполнен феноменологический анализ колебаний пластинки, находящейся в условиях внутреннего резонанса, при помощи фазовых портретов, построенных для различных значений ее параметров. Проведенный анализ выявил многообразие колебательных движений: стационарные колебания, двухсторонний энергообмен между рассматриваемыми подсистемами и односторонний энергообмен.
5. Для каждого типа внутреннего резонанса из выявленных в результате проведенных исследований десяти видов внутренних резонансов получены системы нелинейных разрешающих уравнений для амплитуд и фаз колебаний. Для некоторых частных случаев внутреннего резонанса получены по два первых интеграла: интеграл энергии и функция тока, что позволило свести задачу к вычислению эллиптических интегралов. Показано, что при свободных колебаниях пластинки, сопровождающихся внутренним резонансом, могут наблюдаться три режима колебаний: установившийся (при отсутствии демпфирования), квазистановившийся (демппирование описывается обычной производной целого порядка) и неустановившийся (демппирование

описывается производной дробного порядка). Для внутреннего резонанса 2:1 получено аналитическое решение методом последовательных приближений, которое позволяет исследовать зависимость поведения амплитуд и фаз колебаний от времени при любом значении структурного параметра дробности $0 < \gamma \leq 1$.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

- предложен новый подход к решению задачи о свободных нелинейных колебаниях упругих пластин в вязкой среде, демпфирующие свойства которой определяются дробными производными; изучены все десять возможных случаев внутреннего резонанса;

- показано, что тип внутреннего резонанса зависит от порядка малости вязкости, учитываемой в уравнениях колебаний;

- исследовано влияние параметра дробности на характер нелинейных колебаний и на механизм перекачки энергии между взаимодействующими нелинейными модами колебаний. Показано, что каждая мода характеризуется собственным коэффициентом демпфирования, связанным с собственной частотой колебаний экспоненциальной зависимостью с отрицательной дробной экспонентой;

- выполнен феноменологический анализ колебаний пластинки, находящейся в различных условиях внутреннего резонанса, при помощи фазовых портретов, построенных для разных значений параметров пластинки;

- для каждого типа внутреннего резонанса из выявленных в результате проведенных исследований десяти видов внутренних резонансов получены системы нелинейных разрешающих уравнений для амплитуд и фаз колебаний. Показано, что внутренний резонанс является конструкционным резонансом.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Выполненные аналитические и численные расчеты обоснованы строгой формулировкой математической модели нелинейных колебаний прямоугольных пластин в вязкой среде, демпфирующие свойства которой описываются дробными производными, корректной математической постановкой задачи, правильностью применения математического аппарата. Полученные в работе результаты согласуются с общими физическими представлениями. При

стремлении параметра дробности к единице полученные решения переходят в известные решения для производных целого порядка.

Практическое значение результатов

Практическая значимость заключается в том, что результаты диссертации могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими организациями при проектировании конструкций, которые в процессе колебаний могут оказаться в условиях различных внутренних резонансов. Материалы диссертации можно использовать при чтении спецкурсов по актуальным проблемам динамики деформируемых тел и строительной механики при подготовке магистров по соответствующим специальностям.

Публикации

Автореферат и опубликованные работы отражают основные положения диссертации. Результаты работы достаточно полно представлены в пяти публикациях, в том числе 2 статьи в международных журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus: 28 страниц в Shock and Vibration и 18 страниц в WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics, а также 3 статьи в сборниках трудов международных конференций общим объемом в 21 страницу.

Замечания

1. Несмотря на то, что диссертация выполнена по нелинейным колебаниям классических упругих пластин, которым посвящено значительное число работ, литературный обзор занимает всего две страницы: с 4ой по 5ую. В результате многие фундаментальные работы, например, А. Фёппля и Т. Кармана остались даже не упомянутыми; известная монография А.С. Вольмира также не обсуждается, а только присутствует в списке литературных источников.
2. Не понятно, почему список литературных источников ограничен всего 40 наименованиями, из которых 13 принадлежит научному руководителю и лично автору диссертации. Такое число цитируемой литературы можно нередко найти в статьях, публикуемых в рецензируемых журналах по механике деформируемого твердого тела. Отметим также, что ссылки [34], [35] дублируют друг друга.

3. В основу исследований по нелинейным колебаниям шарнирно опертых прямоугольных изотропных пластин в вязкой среде положена система дифференциальных уравнений (1)-(3) 8-го порядка относительно перемещений срединной поверхности с соответствующими начальными и граничными условиями. Однако в диссертации вопросы об использованных кинематических допущениях (пластина Кирхгофа?), о типе геометрической нелинейности, о необходимости использования выбранной модели пластины не обсуждаются.

Оценка качества оформления работы

Диссертация написана грамотным научным языком, оформлена с использованием достаточного количества рисунков. Выдержана логическая последовательность изложения: описание постановки задачи и методов исследования, решение конкретных задач, обсуждение результатов, выводы.

Заключение

Сделанные выше замечания не могут изменить общую положительную оценку работы, в которой приведено решение важной научно-практической задачи нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде при наличии внутренних резонансов.

Диссертация Нгензи Жан Клода «Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних резонансов» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, содержит новые научные результаты, обладающие теоретической значимостью и имеющие практическую ценность. Сформулированные выводы достаточно обоснованы, полученные результаты в полной мере отражены в имеющихся авторских публикациях, в том числе изданиях, проиндексированных в международных базах данных Web of Science и Scopus, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Министерства образования и науки РФ в сфере научной деятельности «Новый подход к изучению нелинейных колебаний тонких вязкоупругих тел, демпфирующие свойства которых определяются дробными операторами Ю.Н. Работнова и другими операторами дробного порядка» (проект № 7.22.2014/К). Содержание диссертации соответствует п. 2 «Теория моделей деформируемых тел с простой и сложной структурой», п. 5

«Теория упругости, пластичности и ползучести», п. 8. «Математические модели, численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования» области исследования паспорта специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

В диссертационной работе Нгензи Ж.К. содержится решение задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение, она вносит существенный вклад в развитие динамической теории упругости – теорию нелинейных колебаний тонких пластин. По актуальности поставленной задачи, новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Нгензи Ж.К. «Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних резонансов» полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 01.02.04 – «механика деформируемого твердого тела».

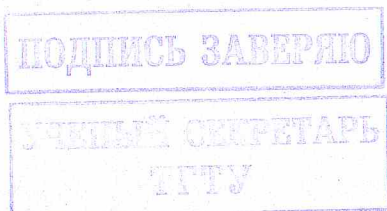
Отзыв по диссертационной работе и автореферату Нгензи Ж.К. «Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних резонансов» рассмотрен и одобрен на заседании лаборатории "Механика интеллектуальных материалов и конструкций" ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» 18 декабря 2015 г., протокол № 2.

Отзыв составлен:

Зав. лабораторией "Механика интеллектуальных материалов и конструкций",
главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук,
профессор

Г.М. Куликов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
392000, Тамбов, Советская ул., д.106, +7 4752 630441, gmkulikov@mail.ru



В.Г. Серешин
21.12.2015