

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
доктора физико-математических наук, доцента
Максима Евгеньевича Фролова

на диссертационную работу Папкова Станислава Олеговича
**«Метод спектральной динамической жесткости в задачах колебания и
устойчивости элементов конструкций»,**
представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого
твердого тела.

Задачи теории пластин и их анализ при высокочастотных колебаниях не теряют своей актуальности, поскольку эти структурные элементы применяются в дизайне многих инженерных конструкций.

В работе предложен новый спектральный метод динамической жесткости, который дает возможность анализировать задачи теории колебаний и устойчивости в применении к ансамблям пластин. При этом используется метод суперпозиции и представлены новые аналитические решения. Задачи, которые рассмотрены в диссертации, сведены к бесконечным системам линейных алгебраических уравнений.

Диссертация объемом 295 страниц состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 228 источников.

Во введении обсуждается актуальность темы диссертации, цель исследования, задачи и положения, выносимые на защиту, даны необходимые комментарии и описана структура диссертации.

В **первой главе** содержится литературный обзор, касающийся построения аналитических решений в теории тонких пластин, в задачах теории колебаний, описаны основные классические и современные подходы, указаны их достоинства, недостатки и ограничения, дано описание метода динамической жесткости, представлена постановка основных исследуемых задач.

Во **второй главе** развивается теория бесконечных систем линейных алгебраических уравнений, обобщается теория лимитант Б.М. Кояловича, доказываются достаточные условия существования ограниченного решения бесконечной системы.

Аналитические решения для прямоугольных пластин в случае полностью защемленных и полностью свободных краев пластины построены в **третьей главе**. На их основе исследуются различные поперечные колебания прямоугольных пластин.

Четвертая глава основана на результатах предыдущей главы и посвящена развитию метода спектральной динамической жесткости на

задачи поперечных колебаний ансамбля прямоугольных пластин в случае широкого спектра граничных условий. Сначала строится явная зависимость между граничными характеристиками, а затем обсуждаются алгоритмические вопросы и приводятся примеры применения подхода к решению модельных задач, а также сравнение с коммерческим программным обеспечением, реализующим метод конечных элементов.

Пятая глава посвящена анализу продольных колебаний изотропных и ортотропных пластин на основе разработанного подхода. При этом используется метод суперпозиции для получения общего решения уравнения колебаний. Приводятся решения модельных задач.

В последней **шестой главе** решена задача о флаттере защемленной ортотропной прямоугольной пластины в сверхзвуковом потоке газа. Использован метод Бубнова – Галеркина со специальными базисными функциями и приводятся примеры численной реализации.

Все главы, кроме обзорной первой главы, снабжены подразделом, содержащим краткие выводы к главе.

Диссертационная работа *полностью соответствует* паспорту специальности, поскольку посвящена анализу деформирования материалов при воздействиях различной природы. Цель работы – разработка методов решения краевых задач для анализа колебаний и устойчивости деформируемых твердых тел при разнообразных воздействиях, там, где трудно применить классические методы прямого аналитического исследования.

Новизна, научная и практическая значимость не вызывают никаких сомнений. Получено несколько новых аналитических решений для задач колебания и устойчивости пластин, прямоугольного параллелепипеда. Рассмотрены разные краевые условия. Решение рассмотренных задач имеет как научное значение, так и практическое – поскольку анализ высокочастотных колебаний играет важную роль при решении многих задач технического характера.

Анализ работы показывает, что все математические выкладки выполнены автором на высоком теоретическом уровне. Все положения и выводы, представленные в работе *строго обоснованы*. В процессе исследования С.О. Папков в основном привлекает методы математической физики, метод суперпозиции, асимптотические методы и методы теории бесконечных систем линейных уравнений. Полученные результаты *достоверны*, поскольку опираются на строгий математический аппарат.

Из возникших вопросов и замечаний необходимо упомянуть следующие:

1. На с. 34 приведена фраза "В [205] была предложена эффективная модификация", но не расшифровано, что понимается под словом "эффективная".

2. Часть ссылок на литературу дана без фамилий авторов, часть – с названием методов, а часть – с фамилиями. Необходимо дать аргументацию?

3. Фраза на с. 9 "получается фактически точное решение с инженерной точки зрения в любом диапазоне частот" – необходим комментарий, что это значит (что значит "фактически точное", как возможно получить решение "в любом диапазоне").

4. Неконкретно сформулирована одна из задач – Развитие новых аспектов теории... которая позволяла бы ...строить новые ... решения

5. Какой смысл вкладывается автором во фразу "Разработка метода определения с гарантированной точностью собственных частот"? Как именно гарантировать точность определения частот?

6. Фраза "Построение эффективного аналитического решения" требует комментария (с. 10). Каким образом аналитическое решение может оказаться эффективным или неэффективным?

7. В таблице 4.6 с. 143 в соответствующем столбце указано на число значащих цифр в результатах. Видимо, речь идет о верных цифрах, поскольку их число меняется.

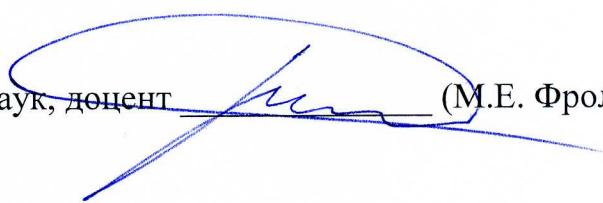
8. В работе замечено некоторое количество опечаток, например: с. 9 "Одним из путей к преодолению данной проблемы лежит в ...", с. 23 Бригер вместо Биргер; с. 29 "при выполнениях некоторых дополнительных ограничениях"; параграф 1.3 – в названии "Dynamic stiffness method" – англоязычный термин, а в оглавлении – более целесообразный в данном случае перевод на русский язык; в пункте 4.2.3 единственный раз возникает обозначение в тексте заголовка.

Высказанные выше замечания, однако, не снижают общей высокой оценки работы. Основные результаты автора широко опубликованы в изданиях из перечня ВАК со значительным превышением минимальных требований, а также представлены на российских и международных конференциях и семинарах. Существенная часть работ опубликована без соавторов – соответствующие результаты, которые можно квалифицировать как научное достижение, получены лично автором. Автореферат корректно отражает содержание диссертации. Исследование является законченной научно-квалификационной работой. Цель, которая поставлена автором при проведении исследования, достигнута, а задачи – решены.

Диссертационная работа Папкова Станислава Олеговича «Метод спектральной динамической жесткости в задачах колебания и устойчивости элементов конструкций» *полностью соответствует требованиям положения №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней»* в отношении диссертаций на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертант заслуживает присуждения ему искомой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, доцент  (М.Е. Фролов)

Фролов Максим Евгеньевич

директор Института прикладной математики и механики
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого»

195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29, корп. 2, а. 336

Тел. 8 (812) 552-65-08

e-mail: frolov_me@spbstu.ru

23.09.2019

