

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Костина Дмитрия Владимировича

на тему «Многопараметрические вариационные модели,
вычисление и оптимизация посткритических состояний»

по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

В диссертационной работе Костина Д.В. исследуются, разрабатываются и применяются фундаментальные методы численно-аналитического и геометрического анализа многопараметрических бифуркаций для широкого класса модельных краевых и вариационных задач. Изученные в диссертации краевые и вариационные задачи относятся к современным разделам прикладной математики и математического моделирования: нелинейные колебания, механика упругих балок и пластин, теория турбинных лопаток, оптимизация полигармонических вибропогружателей и антенных устройств, теория кристаллов, нелинейные модели математической экономики. Анализ многопараметрических бифуркаций в исследуемых задачах и моделях представляет научный интерес как с точки зрения развития современной теории математического моделирования, так и с точки зрения разработки и применения соответствующих численных методов, алгоритмов и комплексов программ.

В диссертации затрагивается проблема анализа и вычисления оптимальной ветви посткритических состояний - вырождений высоких порядков в краевых и вариационных задачах. Данная проблема в современной фундаментальной и прикладной математике весьма актуальна и мало изучена. Разработанные в диссертации методы анализа и вычисления посткритических состояний базируются на классические работы А. Пуанкаре, А.М. Ляпунова, Э. Шмидта, Б.Г.Галеркина, В. Ритца, а также на результатах научных школ М.А. Красносельского, В.И. Арнольда, В.П. Маслова, В.А. Треногина и др.

В настоящей диссертации для разработки и реализации методов анализа многопараметрических бифуркаций применяется подход, основанный, во-первых, на вариационной версии метода Ляпунова-Шмидта, предложенной в работах М.А. Красносельского и его учеников, во-вторых, на методы исследования многомодовых посткритических состояний вариационных моделей, разработанные в цикле работ Ю.И. Сапронова и Б.М. Даринского. Данный подход позволяет исследовать локальные и нелокальные многопараметрические бифуркации в вариационных моделях в условиях вырождений высоких порядков, применяя аппарат теории особенностей отображений. Диссертанту удалось, в отличие от работ Ю.И. Сапронова и Б.М. Даринского, исследовать такие модели, в которых главная

линейная часть не обладает семейством собственных функций, непрерывно зависящих от параметров.

В диссертации Д.В. Костина значительный упор сделан на анализ посткритических прогибов слабо неоднородных упругих систем, с детальным рассмотрением упругих балок и пластин. В диссертации выведены и подробно изложены интегральные формулы для коэффициентов полиномиальных приближений ключевых функций. На основе этих формул созданы и апробированы алгоритмы компьютерного моделирования каустик, а также проведены вычисления формул посткритических прогибов. Результаты вычислений наглядно представлены графиками.

Вне всякого сомнения, разработанный в диссертации метод посткритического анализа и основанные на нем вычислительные алгоритмы, представляют научный интерес не только для теории упругих систем и виброустройств, но и для теории математического моделирования в целом.

Первая глава диссертации носит вспомогательный характер, в ней кратко изложен используемый математический аппарат и приведены близкие результаты других авторов. В частности, показано, что с помощью резольвентной формулы ортогонального проектора на корневое подпространство возмущенного симметричного оператора можно построить базисное семейство корневых элементов, непрерывно зависящих от параметров. На основе построенного базисного семейства корневых элементов удастся выделить главную часть ключевой функции. В случае двух ключевых переменных проведен полный аналитический и геометрический анализ локального строения каустики: получены формулы для построения компьютерной графики, приведены типовые графические изображения двумерных сечений каустики, приведено полное описание допустимых bif-раскладов посткритических состояний.

Во второй главе, применяя математический аппарат первой главы, исследована задача оптимизации посткритических равновесных конфигураций слабо неоднородных упругих балок и пластин в условиях двухмодового вырождения. Однородные балки и пластины ранее были исследованы Ю.И. Сапроновым и Б.М. Даринским. Исследование модели неоднородных упругих балок и пластин было затруднено тем, что в этой модели главная линейная часть не обладает семейством собственных функций, непрерывно зависящими от параметров. В диссертации условие постоянства собственных функций, которое предполагается в работах Ю.И. Сапронова и Б.М. Даринского, заменено условием существования пары функций, непрерывно зависящими от параметров и линейная оболочка которых инвариантна относительно оператора главного линейной части. Такая пара функций позволяет, как показано в диссертации, построить нормальную форму приближенно вычисленной ключевой функции и провести полный анализ ветвления равновесных конфигураций балки и пластины в условиях слабой неоднородности. Приведены также результаты

вычисления асимптотических формул, выражающих «зависимость формы прогиба» от «характера неоднородности».

Третья глава посвящена установлению корректной разрешимости задач для линейных и нелинейных математических моделей с применением методов теории сильно непрерывных полугрупп преобразований. С этой целью впервые вводится и применяется понятие C_0 -операторного интеграла Лапласа, обобщающее классические преобразования Лапласа когда экспонента заменяется C_0 -полугруппой. Такой подход совместно с операторным методом Маслова -Хевисайда позволил значительно расширить классы равномерно корректных задач, указать методы их точного и приближенного решения.

В четвертой главе введен и рассмотрен функционал качества «коэффициент асимметрии», возникающий в задаче понижения изгибов турбинных лопастей, в задаче максимального снижения сейсмического эффекта от работы полигармонического вибропогружателя. Д.В.Костинным впервые предложено общее решение этой задачи (теорема 4.3). Основной результат главы - утверждение о том, что решением задачи минимизации сейсмического эффекта является многочлен Максвелла - Фейера (формула оптимального импульса). В пятой главе рассмотрена математическая модель изгиба упругой лопатки турбины и предложена методика оптимизации закритического изгиба лопатки, необходимая при расчетах конкретных турбонасосных агрегатов. Важно то, что математический аппарат, развитый в главах 2-4, позволил провести анализ соответствующей нелинейной модели изгиба неоднородной упругой лопатки и указать соответствующий оптимальный изгиб.

В диссертации имеются также два приложения А, В. В приложении А даны сведения о разработанных диссертантом комплексах вычислительных программ (описание, системные требования и тексты программ), а в приложении В приведены официальные свидетельства о регистрации разработанных программ.

К недостаткам работы можно отнести:

1) отсутствие исследований (хотя бы в простейших случаях) колебаний упругих систем вблизи найденных посткритических стационарных состояний; наличие результатов таких исследований существенно расширило бы теоретическую и прикладную значимость диссертационной работы;

2) при описании вычисления главной части ключевой функции (во второй главе) использована ортонормированная система корневых векторов, но при описании исследований конкретных примеров третьей главы рассмотрена пара корневых векторов без условия ортонормированности (и без комментариев по этому поводу);

3) прикладная значимость работы была бы показана шире, если бы автор привел разнообразные и характерные примеры, выражающие

«зависимость формы прогиба» от «характера неоднородности» (такие примеры безусловно есть).

В работе имеются также опечатки, орфографические ошибки и стилистические погрешности — все в пределах разумной допустимости. Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа в целом производит очень благоприятное впечатление. В ней содержится решение важной и интересной проблемы, а также ряда примыкающих важных результатов, представляющих реальный научный интерес для современной теории математического моделирования. Безусловно, задача исследования посткритических структурных перестроек весьма актуальна и требует привлечения разнообразных методов современного математического моделирования и новых вычислительных средств.

Потребность в развитии новых методов бифуркационного анализа, соответствующих новым запросам практики и современным достижениям вычислительных технологий, сохраняется до сих пор. В этом аспекте диссертация Д.В. Костина выглядит весьма своевременной и полезной.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Текст работы изложен достаточно ясно, основные теоремы четко сформулированы и полностью доказаны, имеется достаточное количество графических компьютерных иллюстраций.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертационной работы. Все основные результаты своевременно опубликованы в 42 печатных трудах, из которых 15 — в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Все выносимые на защиту положения правильно и полно отражают научное содержание диссертации.

В целом, в диссертации получены решения следующих конкретных задач:

- полное описание многомодовых прогибов упругих балок и пластин в случае нарушения однородности упругого материала,
- полное описание многомодовых прогибов турбинных лопастей и их оптимизация,
- оптимизация полигармонического импульса по коэффициенту несимметрии,
- оптимизация приема радиосигнала.

Результаты диссертации прошли достаточную апробацию на нескольких международных и общероссийских научных конференциях.

На основании приведенных выводов заключаю, что диссертационная работа Д.В. Костина представляет собой законченное математическое исследование по актуальной теме, в ней изложено решение новой и актуальной научной проблемы, имеющей несомненную научную значимость для специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки). Считаю, что

диссертационная работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а ее автор, Костин Д.В., заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки).

Официальный оппонент: *Э.Мухамадиев*

Мухамадиев Эргашбой
доктор физико-математических наук
по специальности 01.01.02,
дифференциальные уравнения,
динамические системы и оптимальное управление,
профессор кафедры информационных
систем и технологий,
Вологодского государственного университета

Контактная информация:
Почтовый адрес: 160034, г Вологда,
ул. Ленинградская, 146, кв.220.

Телефон: +7(953)51-68-829

E-mail: emuhamadiev@rambler.ru

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Менеджер по персоналу
отдела кадров
Управления делами

Мед. Нагорных И.А.
05.05.2017

