

Отзыв
официального оппонента на диссертацию
Ушакова Андрея Леонидовича
«Анализ стационарных физических систем методом
итерационных расширений»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности
2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Диссертационная работа А.Л. Ушакова посвящена асимптотически оптимальным решениям краевых задач Дирихле для эллиптических дифференциальных уравнений, возникающих в теории упругости, гидродинамике, тепло- и массопереносе.

В диссертационной работе соискатель разработал новое научное направление – метод итерационных расширений. Данный метод позволяет получать решения задач Дирихле для эллиптических уравнений разных порядков асимптотически оптимально. Например, был построен способ нахождения асимптотически оптимального решения бигармонической проблемы.

Новый подход – метод итерационных расширений – использует в рамках системного анализа междисциплинарные связи между физикой, вычислительной математикой и функциональным анализом. Предложена система анализа стационарных физических систем, описанных математическими моделями, с применением их продолжений и расширений. Анализ является нелинейным и итерационным в управлении и обработке информации, что демонстрирует процедура выбора оптимальных параметров в разработанном методе.

1. Актуальность темы исследования

Метод итерационных расширений применим для вычисления перемещений в мембранах и пластинах, при расчете и анализе других стационарных физических систем, описываемых, например, краевыми задачами для уравнений Пуассона, Софи Жермен. Вычисления прогибов пластин и

мембран являются сложными, актуальными задачами, и связаны с активным использованием оболочечных конструкций в промышленном и гражданском строительстве, строительстве кораблей, самолетов, хранилищ нефти, газа и других объектов. Используемые расчеты этих конструкций зачастую не оптимальны по количеству операций и объему вычислений и приводят к задержкам по времени применения управляющих воздействий на объект при возникновении внешних факторов в системах управления реального времени.

Целью диссертационной работы является решение фундаментальной научной бигармонической проблемы в геометрически сложных областях для вычислений прогибов пластин с асимптотически оптимальным количеством операций. Такие задачи возникают при строительстве оболочечных конструкций гражданских зданий и промышленных сооружений, химических реакторов и теплообменников, трубопроводов, подводных лодок, кораблей, ракет и других объектов, и имеют, несомненно, существенное прикладное значение.

Для анализа бигармонических, гармонических и скалярных систем, описывающих стационарные физические системы, поставлена задача разработки нового метода итерационных расширений, асимптотически оптимального по количеству операций, с автоматизацией управления оптимальным выбором значений итерационного параметра при обработке информации. Это, определенно, представляет высокую теоретическую значимость.

Таким образом, тема диссертационного исследования **актуальна**.

2. Научная новизна исследований и основных результатов

К новым научным результатам, являющимся заслугой автора, можно отнести:

– разработанные новые метод и алгоритм итерационных расширений, асимптотически оптимальные по количеству операций, с автоматизацией управления оптимальным выбором значений итерационного параметра при

обработке информации и с критерием остановки итераций при достижении задаваемой оценки точности для анализа *бигармонических* и *гармонических* систем;

– разработанные новые метод и алгоритм итерационных расширений, асимптотически оптимальные по количеству операций, с автоматизацией управления оптимальным выбором значений итерационного параметра при обработке информации и с критерием остановки итераций при достижении задаваемой оценки точности для анализа *скалярных* систем;

– разработанное специальное математическое и алгоритмическое обеспечение, реализующее метод итерационных расширений, асимптотически оптимальный по количеству операций, с автоматизацией управления оптимальным выбором значений итерационного параметра при обработке информации и с критерием остановки итераций при достижении задаваемой оценки точности для анализа *бигармонических* и *гармонических* систем.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов

Степень обоснованности излагаемых в работе результатов обеспечивается строгими доказательствами приводимых в диссертации утверждений.

Достоверность научных положений обосновывается корректной постановкой задач и доказательствами всех выдвинутых на защиту утверждений, которые отвечают современному уровню строгости. Теоретические результаты подтверждаются результатами проведенных вычислительных экспериментов. Методы исследования существенно используют методологию системного анализа.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Разработанный новый метод итерационных расширений развивает применение методологии системного анализа при использовании вложения

рассматриваемых систем в продолженные и расширенные системы, междисциплинарных связей, оптимизации, управлении принятия решений и обработки информации. В разработанном методе итерационных расширений создана система анализа бигармонических, гармонических и скалярных систем, позволяющая находить асимптотически оптимально по количеству операций численные решения задач соответствующих систем с задаваемой точностью.

Разработанный новый метод итерационных расширений может использоваться для анализа задач бигармонических и гармонических систем, описывающих стационарные физические системы в природе и технике. Использование этого асимптотически оптимального по количеству операций метода предоставляет возможности экономии материальных ресурсов и средств, например, в строительстве, приборостроении. Экономия времени вычислений на ЭВМ приводит к уменьшению времени применения управляющих воздействий на объект при возникновении внешних факторов в системах управления реального времени.

Результаты работы могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведениях на механико-математических и физико-технических специальностях и направлениях. Результаты могут применяться в теоретических и практических изысканиях научно-исследовательских организаций и университетов, таких как: Институт системного анализа РАН, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Вычислительный центр РАН им. А.А. Дородницына, Институт математики и механики УрО РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Новосибирский государственный университет и других.

5. Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации

Представленная к защите диссертационная работа А.Л. Ушакова по теоретическому значению, глубине научных обобщений, а также по практической значимости может быть оценена как работа, в которой решена

научная проблема, имеющая существенное прикладное значение и заложено новое научное направление теоретических исследований.

Диссертация А.Л. Ушакова – законченная научно-исследовательская работа, выполненная по актуальной теме.

Автореферат полностью отражает основное содержание работы, а оформление работы соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям.

Основные результаты работы отражены в 43 публикациях автора в открытой печати, из которых 12 статей в журналах, рекомендуемых ВАК, 5 статей в изданиях, индексируемых в базах данных Web Of Science и Scopus, 9 свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, списка обозначений и десяти приложений. Объем диссертационной работы с приложениями составляет 296 страниц. Библиография содержит 129 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении приводятся постановки задач, степень научной разработки темы, обосновывается актуальность, формулируются цель и задачи исследования, научная новизна, описывается теоретическая и практическая значимость работы и приводятся данные по апробации результатов работы.

В первой главе приводится анализ бигармонической системы – краевой задачи с условием Дирихле для уравнения Софи Жермен. Производится продолжение бигармонической системы. Приводится анализ продолженной бигармонической системы методом итерационных расширений. Выписывается алгоритм, реализующий метод итерационных расширений для решения задачи бигармонической системы. В главе описывается программная реализация алгоритма метода итерационных расширений для численного решения задачи бигармонической системы на единичном квадрате, являющейся бигармонической проблемой. Приводится пример расчета изгиба пластины.

Во второй главе приводится анализ гармонической системы – краевой задачи с условием Дирихле для уравнения Пуассона. Производится продолжение гармонической системы. Приводится анализ продолженной гармонической системы методом итерационных расширений. Выписывается алгоритм, реализующий метод итерационных расширений для решения задачи гармонической системы. Приводится пример расчета изгиба мембраны.

В третьей главе приводится анализ скалярной системы – задачи представления линейного функционала в виде скалярного произведения в пространстве Гильберта. Производится продолжение скалярной системы. Приводится анализ продолженной скалярной системы методом итерационных расширений. Выписывается алгоритм, реализующий метод итерационных расширений для решения задачи скалярной системы.

В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы.

Замечания:

1. Основные результаты диссертационного исследования при анализе бигармонической (Глава 1) и гармонической (Глава 2) систем основаны на положении о продолжении функций. Параметрами дополнительно рассматриваемых однородных фиктивных задач для экранированных уравнений являются коэффициенты a_{II} (в задаче 1.1.4) и κ_{II} (в задаче 2.1.4), в теории изгибания пластин имеющие физический смысл. Так коэффициент a_{II} определяется через коэффициенты жесткости упругого основания и цилиндрической жесткости пластины, а κ_{II} – через коэффициенты жесткости упругого основания и натяжения мембраны. Во Введении (стр. 22) отмечается, что возникает возможность использования этих параметров для оптимизации разрабатываемого метода решения по вычислительным затратам. Но исследований по уменьшению вычислительных затрат метода, посредством управления дополнительными параметрами продолженных задач, в диссертации не проводится.

2. В примерах анализа *физических* систем (пп. 1.17, 2.19) следовало указать физические размерности используемых величин (геометрических

параметров пластин, модулей Юнга металлов пластин, давлений и т.п.) в системе СИ, а также указать обозначения осей на приведенных графиках решений.

3. Алгоритмы реализации метода итерационных расширений (Приложение 1) и итерационных факторизаций (Приложение 2), для лучшего понимания их логики, следовало сопроводить их графическим представлением на языке блок-схем.

4. В работе не приводятся данные о временных затратах при решении приведенных практических задач для бигармонических и гармонических систем, важных с точки зрения анализа задержек по времени применения управляющих воздействий на объект при возникновении внешних факторов в системах управления реального времени.

5. Имеются неточности и опечатки, например:

- a. в постановке задачи (0.0.1) на стр. 9 диссертации для бигармонической системы краевые условия симметрии задаются на том же участке границы, где заданы условия шарнирного опирания;
- b. финитные базисные функции $\Psi(z)$, приведенные на стр. 54, 80, 93 диссертации, не отвечают условию непрерывности на своем носителе. Свободный член в формулах на отрезке [2;3] должен иметь знак «плюс».

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной и практической значимости проведенных исследований.

6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения научных степеней

Диссертация А.Л. Ушакова является законченной научно-квалификационной работой, соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика: (п. 4) разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации и искусственного интеллекта; (п. 5) разработка специального

математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта. Таким образом, содержание диссертации соответствует научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа «Анализ стационарных физических систем методом итерационных расширений» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а ее автор – Ушаков Андрей Леонидович – заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информатики и компьютерных технологий» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»



В.Н. Кризский

26.09.2023

Кризский Владимир Николаевич,
199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2.
тел.: (812) 382-01-28
эл. почта: krizskiy_vn@pers.spmi.ru



Подпись В.Н. Кризского
завляю: Начальник управления делопроизводства
контроля документооборота



Е.Р. Яновицкая
26 СЕН 2023