

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Поповой Анастасии Руслановны «Моделирование нелинейных процессов деформирования неоднородных оболочек вращения при произвольных обобщенных перемещениях и деформациях», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Актуальность диссертационного исследования не вызывает сомнений. Широкое применение тонкостенных оболочечных конструкций, особенно оболочек вращения, в аэрокосмической отрасли, общем и специальном машиностроении предъявляет повышенные требования к точности и адекватности методов их расчета. Современные тенденции к снижению материалоемкости и массы при одновременном обеспечении прочностной надежности, а также использование новых материалов (композиционных, гиперупругих) делают необходимым учет как геометрической, так и физической нелинейности в области произвольных (больших) перемещений и деформаций. Представленная работа отвечает этим вызовам, что определяет ее высокую научную и практическую значимость.

Научная новизна работы заключается в следующих полученных соискателем результатах:

– Разработаны и развиты новые адекватные математические модели и эффективные численные алгоритмы решения геометрически и физически нелинейных краевых задач статики неоднородных оболочек вращения, позволяющие исследовать процессы деформирования в области произвольных значений обобщенных перемещений и деформаций.

– Предложена математическая модель для расчета составных оболочечных конструкций с недеформируемыми шпангоутами, упрощающая практическую реализацию силовых граничных условий.

– Впервые разработана оригинальная конечно-разностная процедура дискретизации параметров НДС для оболочек вращения, содержащих полюсные точки (сингулярности), и построены однотипные дискретные модели для вычисления силовых факторов в физически нелинейных задачах и для нелинейно-упругих материалов.

– На основе квазидинамической формы метода установления построен единый вычислительный алгоритм для численного решения широкого класса геометрически и физически нелинейных краевых задач статики оболочек.

– Построены вычислительные алгоритмы исследования НДС неоднородных оболочек при термомеханических воздействиях, позволившие, в частности, для оболочки ТВЭЛа установить диапазон параметров внутреннего давления, повышающий порог предельной температуры на 5.9% при совместном нагружении.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные математические модели и вычислительные алгоритмы реализованы в виде пакета прикладных программ «SHELX» на языке FORTRAN-IV. С его помощью проведены вычислительные эксперименты, результаты которых внедрены в расчетную практику АО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск», что подтверждено соответствующим актом внедрения. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании тонкостенных конструкций в авиастроении, атомной энергетике и других отраслях.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректной постановкой задач, применением фундаментальных законов механики деформируемого твердого тела, использованием апробированных численных

методов (метод конечных разностей, квазидинамическая форма метода установления), а также верификацией разработанных моделей и алгоритмов путем сопоставления с известными аналитическими и экспериментальными данными и численными решениями других авторов.

Методы исследования, использованные в работе, являются адекватными поставленным задачам и включают метод конечных разностей с аппроксимацией второго порядка точности и квазидинамическую форму метода установления с использованием явной двухслойной разностной схемы.

Краткий обзор содержания работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 118 наименований и приложения. Структура работы логична, все разделы взаимосвязаны и посвящены последовательному решению поставленных задач. Объем работы – 140 страниц, включая 51 рисунок и 1 таблицу, а также листинг программы «SHELX».

Во введении представлены цели и задачи исследования, обоснованы актуальность темы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены аргументы в пользу их достоверности. Также дана характеристика структуры и объема диссертации, перечислены публикации автора по теме работы и приведен перечень научных конференций, на которых докладывались и обсуждались основные результаты исследования.

Глава 1 посвящена обзору литературных источников и постановке задачи. Приведены основные геометрические, физические соотношения и уравнения равновесия для оболочек вращения в нелинейных постановках (геометрически и физически нелинейных). Рассмотрены модели для ортотропных, многослойных, упругопластических и гиперупругих материалов.

Глава 2 описывает метод конечных разностей (МКР), используемый для дискретизации задачи. Разработаны разностные схемы второго порядка точности, процедуры вычисления силовых факторов и особый подход для моделирования оболочек с полюсной точкой (сингулярностью).

Глава 3 посвящена численному решению нелинейных задач. На основе квазидинамической формы метода установления разработан единый итерационный алгоритм для решения систем сеточных уравнений для определения параметров нелинейного НДС неоднородных оболочек вращения. Рассмотрены особенности учета консервативных и «следающих» нагрузок. Проведена верификация методов.

Глава 4 содержит результаты вычислительного эксперимента с использованием разработанного пакета программ «SHELX». Исследованы:

1. Конический амортизатор из гиперупругого материала.
2. Сферическая оболочка под действием локальной нагрузки и ее остаточное состояние после разгрузки.
3. Трехслойный сферический купол из ортотропного материала.
4. Цилиндрическая оболочка тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ) при термомеханическом нагружении.

Заключение содержит сформулированные в виде тезисов основные результаты и выводы работы, подтверждающие достижение поставленной цели и решение всех задач. Подчеркивается научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов.

Публикации по теме диссертации.

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, включая 2 статьи в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, а также 1 статья в журнале, индексируемом в международной системе Scopus и 6 публикаций в других изданиях и журналах.

Замечания по диссертации и автореферату.

1. В разделе 2.2.4 предложен метод введения фиктивной узловой точки для обработки сингулярности в полюсе. Однако не приведён анализ чувствительности решения к выбору положения этой точки или шага сетки.

2. В разделе 4.1 диссертации приведено сравнение результатов для неогуковской модели и модели Муни-Ривлина, однако отсутствует сравнение с экспериментальными данными или численными решениями (например, МКЭ) для конического амортизатора.

3. В разделе 3.2 приведены формулы для оптимального шага Δt , но нет анализа устойчивости явной схемы при больших деформациях или для материалов с сильной нелинейностью.

5. В разделе 3.3 предлагается использовать значение интенсивности деформаций с предыдущего шага итерационного процесса для вычисления деформации обжатия в пластической в пластической зоне. Может ли это приводить к накоплению погрешности при больших деформациях?

Отмеченные замечания носят частный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы. Содержание автореферата полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Заключение.

Диссертационная работа Поповой Анастасии Руслановны на тему «Моделирование нелинейных процессов деформирования неоднородных оболочек вращения при произвольных обобщенных перемещениях и деформациях» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне и посвящена актуальным

задачам в области механики деформируемого твёрдого тела. Полученные результаты обладают научной новизной и представляют интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа Поповой Анастасии Руслановны **соответствует** критериям и требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями), а её автор Попова Анастасия Руслановна, **заслуживает** присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук,
Начальник отдела нагрузок и
аэроупругости управления прочности
инженерного центра
ООО «АУРУС-АЭРО»


02.12.25

А. В. Хомченко

Научная специальность, по которой защищена диссертация:

1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Подпись Хомченко Антона Васильевича удостоверяю:

Заместитель начальника отдела
по работе с персоналом
ООО «АУРУС-АЭРО»

Г. И. Маскинская

Полное наименование организации:

Общество с ограниченной ответственностью «АУРУС-АЭРО».

Адрес места работы: 125315, г. Москва, Ленинградский просп., 72, корп. 3.

Телефон: нет. E-mail: office@aurus-aero.ru

Генеральный директор
ООО «АУРУС-АЭРО»



А. В. Степин

ГЛАВНЫЙ БУХГАЛТЕР
ООО «АУРУС-АЭРО»
КУЗЬМЕНКОВА Г. Л.
ДОВ. № 2 ОТ 09.01.2025

С отзывами ознакомлена

05.12.2025