

ОТЗЫВ

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

Оценка актуальности диссертационной работы.

Тонкостенные конструкции в форме оболочек широко применяются как в современных авиакосмических системах, так и в общем и специальном машиностроении. Современные требования к методам проектирования и конструирования таких объектов, особенно в авиационной отрасли, включают в себя, необходимость учета нелинейного поведения и особенностей деформирования современных и перспективных материалов. Несмотря на большое число исследований в данной области к настоящему времени остаются до конца неизученными отдельные важные как в теоретическом, так и в практическом отношении задачи. В настоящее время для исследования особенностей деформирования пластин и оболочек при различных видах нагружения широко используется вычислительный эксперимент, важнейшими этапами которого является создание и совершенствование математических моделей, численных методов и алгоритмов их реализации.

Учитывая вышеизложенное, диссертационная работа Поповой А.Р. посвященная разработке адекватных математических моделей и численных методов для исследования нелинейных процессов деформирования неоднородных оболочек вращения при конечных обобщенных перемещениях, является актуальной.

Структура, объем и краткое содержание работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Общий объем работы составляет 140 страниц, включая 69 рисунков и 8 таблиц. Список литературы включает 118 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, определены объект и предмет изучения, изложены методология и методы исследования. Охарактеризована научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы, указаны опубликованные материалы, а также отмечен личный вклад автора в реализацию научного исследования.

В первой главе представлен обзор и анализ литературных источников по теме диссертационной работы. Отмечается вклад в развитие нелинейной механики тонкостенных конструкций отечественных и зарубежных ученых. Приводятся основные соотношения осесимметричных тонкостенных оболочек, полученные в рамках справедливости гипотезы Кирхгофа-Лива

При рассмотрении многослойных оболочек принимаются условия жесткого контакта слоев. Для учета физической нелинейности используются соотношения деформационной теории пластичности. При расчете гиперупругих материалов рассматривается два варианта упругих потенциалов. Рассматривается наличие в конструкции шпангоутов, передающих осевую нагрузку.

Во второй главе на основе метода конечных разностей (МКР) осуществляется дискретизация исходной континуальной краевой задачи. Для аппроксимации производных используются разностные операторы второго порядка точности. При расчете многослойных оболочек оболочка разбивается на заданное число слоев по толщине. Напряжения в пределах толщины слоя полагаются постоянными.

В третьей главе излагаются вычислительные алгоритмы, построенные с использованием метода установления, позволяющие определить искомые параметры нелинейного напряженно-деформированного состояния неоднородных оболочек вращения. Исходные уравнения заменяются на нестационарные уравнения, совпадающие по форме с уравнениями движения оболочки в вязкой среде. Разностная аппроксимация нестационарных уравнений приводит к необходимости реализации итерационного процесса, позволяющего найти решение исходной стационарной задачи. Результаты исследований сопоставляются с результатами решения, полученными с помощью алгоритма метода дифференцирования по параметру.

Четвертая глава посвящена демонстрации возможностей, разработанной методики и исследованию особенностей, возникающих при численном анализе процессов деформирования осесимметрично нагруженных оболочек вращения при конечных перемещениях. В качестве примеров рассматривается ряд задач: расчет конического амортизатора сжатия из гиперупругого материала; расчет многослойной сферической оболочки, нагруженной поверхностной нагрузкой; расчет трехслойного сферического купола; расчет тепловыделяющего элемента (ТВЕЛ) под действием температурного поля и внутреннего давления.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования. Выводы по диссертации полностью согласуются с основным содержанием работы.

В приложении приведен АКТ внедрения научно-технического мероприятия и программный код на языке FORTRAN IV.

Оценка новизны исследований и полученных результатов

Представленная работа соответствует паспорту специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела» в части следующих пунктов направления исследований: П.11. Математическое моделирование поведения дискретных и континуальных деформируемых сред при механических, тепловых, электромагнитных, химических, гравитационных, радиационных и прочих воздействиях.

П.12. Вычислительная механика деформируемого твердого тела.

Сопоставление с достигнутым в настоящее время уровнем исследований в этой области позволяет отметить следующие новые положения и результаты работы, обладающие признаками научной новизны.

Предложена авторская конечно-разностная процедура дискретизации параметров НДС для исследования процесса нелинейного деформирования купольных многослойных оболочек вращения.

Разработаны корректные математические модели пригодные для исследования нелинейного напряженно-деформированного состояния неоднородных оболочек вращения при совместном действии температурного поля и внутреннего давления.

С использованием квазидинамической формы метода установления построен вычислительный алгоритм для численного анализа геометрически и физически нелинейных составных в форме набора оболочек вращения, подкрепленных шпангоутами.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Научные положения, лежащие в основе диссертационной работы, базируются на классических положениях математики, и механики, соблюдении основных принципов построения математических моделей исследуемых физико-механических процессов. Достоверность полученных результатов обеспечивается адекватностью разработанных математических моделей и численных алгоритмов на базе использования фундаментальных законов механики деформируемого твердого тела и подтверждается сопоставлением с известными аналитическими и экспериментальными данными, а также сопоставлением с численными решениями нелинейных краевых задач теории оболочек, полученными другими авторами.

Практическая значимость результатов исследования.

К практической значимости результатов диссертационной работы следует разработку автором оригинальной программы для ЭВМ на языке FORTRAN-IV, внедрение программы и использование полученных с ее помощью результатов в расчетной практике предприятия энергетического машиностроения АО «ЗиО-Подольск» при проектировании теплоэнергетического оборудования, что подтверждено актом внедрения.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат логично структурирован, содержит сжатое изложение основных наиболее важных результатов работы. Все разделы автореферата соответствуют материалам диссертации, ее основным положениям и выводам.

Апробация диссертационной работы.

Диссертационная работа Поповой Анастасии Руслановны в достаточной мере опубликована и апробирована. Основные результаты диссертации опубликованы в 9 работах, 2 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертации по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела» и одна статьи в издании, включенном в международную базу данных Scopus.

Замечания по диссертационной работе:

1. Задача анализа конечных прогибов осесимметрично нагруженных оболочек вращения достаточно подробно исследована рядом автором с использованием различных численных методов и алгоритмов расчета, поэтому следовало бы более четко сформулировать: Какие преимущества представляет методика, разработанная автором? По мнению рецензента одномерные задачи рациональнее решать, как нелинейные краевые задачи для системы дифференциальных уравнений в форме Коши.

2. В работе нечетко прописана сама формулировка краевой задачи и отсутствует в явном виде запись системы разрешающих уравнений как таковой. Разъяснение, приведенное на стр. 40 «...разрешающая система нелинейных дифференциальных уравнений (1.4) - (1.63)...» вызывает определенное недоумение, поскольку в этом интервале встречаются как основные, так и промежуточные (вспомогательные) соотношения. Следовало бы более четко сформулировать краевую задачу и выделить основные переменные.

3. При переходе к конечно-разностной аппроксимации отсутствует запись системы уравнений равновесия в узловых точках в терминах сеточных функций узловых перемещений. Вместо этого дается конечно-разностная аппроксимация геометрии оболочки при различных сочетаниях знаков приращений для координат, а также приводится конечно-разностная аппроксимация уравнений равновесия в терминах силовых факторов. Рецензент считает, что разрешающую систему конечно-разностных уравнений равновесия было бы рациональнее представлять в терминах узловых перемещений.

4. При анализе многослойных оболочек использование автором предположение о жесткой связи слоев и, одновременно, гипотезы о линейном распределении деформации по толщине существенно ограничивает пределы применимости модели, поскольку в модели Кирхгофа-Лява не учитывается наличие сдвиговых межслойных деформаций. В качестве актуальной задачи, с которой приведенный алгоритм не справится следует привести трехслойные оболочки, при расчете которых средний слой работает на сдвиг, и оболочки, изготовленные из композиционных слоистых материалов.

5. Из рассмотрения выполненной не по ГОСТу блок-схемы программной реализации метода установления (стр.63) остается неясным как изменяется параметр нагружения и, по какому критерию завершается цикл пошагового интегрирования эволюционных уравнений.

6. В системе уравнений (3.1) отсутствуют расшифровка, что именно автор подразумевает под впервые появившимися в тексте обозначениями A и U и не приводит их вид и структуру. Остается неясным каким образом проводится линеаризация этой системы при описании метода установления. Чуть ниже со ссылкой на работу [11] даются рекомендации по весьма трудоемкому выбору величин Δt и ε , посредством нахождения минимального и максимального значений собственных чисел матрицы A .

7. Предложенный авторами подход в отличии от подходов, использующих метод продолжения по параметру не позволяет исследовать закритическое поведение оболочек.

Сделанные замечания не снижают общего положительного мнения о диссертационной работе.

Общее заключение по работе

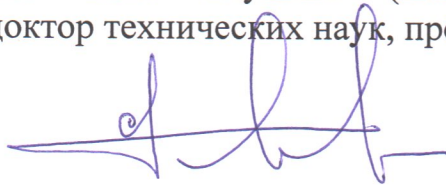
Диссертационная работа Поповой Анастасии Руслановны «Моделирование нелинейных процессов деформирования неоднородных оболочек вращения при произвольных обобщенных перемещениях и деформациях», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела» является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, которая по актуальности, научному уровню и практической значимости полученных результатов соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, установленным в Постановлении Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения учёных степеней».

Автор диссертационной работы Попова Анастасия Руслановна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. – Механика деформируемого твердого тела.

Согласен на включение в аттестационное дело моих персональных данных.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства» ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», доктор технических наук, профессор



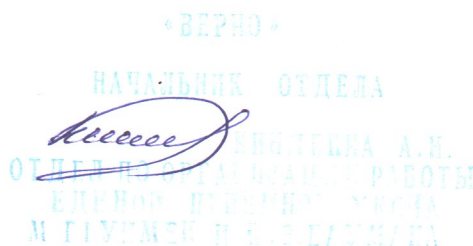
Гаврюшин Сергей Сергеевич

«04» декабря 2025г.

Подпись Гаврюшина Сергея Сергеевича заверяю:

Контактная информация:

Российская федерация, 105005, г. Москва,
2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
тел. +7 (499) 263-66-39,
E-mail: gss@bmstu.ru



С отзывом ознакомлена

05.12.2025

