

## Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Федотенкова Григория Валерьевича  
«Нестационарное контактное взаимодействие упругих оболочек и  
сплошных тел»,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-  
математических наук по специальности 01.02.04 – Механика  
деформируемого твердого тела.

В своей диссертационной работе Федотенков Григорий Валерьевич рассматривает нестационарные контактные задачи с подвижными границами для тонких цилиндрических и сферических оболочек и сплошных упругих тел. Оболочечные элементы широко применяются в инженерных сооружениях различного назначения. Это могут быть разнообразные строительные конструкции, укрытия, ангары, торгово-развлекательные центры, складские помещения, резервуары для хранения топлива. Оболочки являются основой многих конструкций современной техники. Они применяются при создании летательных аппаратов, космических станций, автомобилей, корпусов надводных и подводных судов, цельнометаллических вагонов, разнообразных деталей машин и механизмов. В задачах динамики оболочек рассматриваются периодические колебания и нестационарные процессы, связанные с быстрым или ударным нагружением. При исследовании динамических процессов в оболочках соотношения, основанные на гипотезе Кирхгофа – Лява, не всегда оказываются приемлемыми и возникает необходимость перехода к дифференциальным уравнениям более сложных моделей. Одной из них является модель С.П. Тимошенко, которая и используется в задачах диссертации. Выбор этой модели является разумным решением, поскольку рассматриваемые в диссертации задачи характеризуются локальной областью контакта, малой по сравнению с характерным

размером оболочки, а также нестационарным и быстротекущим во времени характером контактного взаимодействия. В настоящее время теория оболочек развита достаточно хорошо. Однако, нестационарные контактные задачи по-прежнему остаются одними из наименее исследованных. В то же время, быстрые темпы развития современной промышленности диктуют всё более высокие требования к точности определения напряженно-деформированного состояния и перемещений в конструкциях, работающих в условиях нестационарного контактного взаимодействия. *Поэтому, выбранное диссертантом направление научных исследований, несомненно, является актуальным.*

*В части новизны* следует отметить аналитические решения задач о построении функций влияния для сферических и цилиндрических оболочек, в том числе, при наличии в них упругого заполнителя. Эти важные для исследования волновых процессов задачи решены впервые. Они имеют большое фундаментальное и прикладное значение, поскольку являются основой для разработки методов решения разнообразных задач. Следует отметить, что найденные в диссертации функции влияния могут быть использованы не только для исследования процессов нестационарного контактного взаимодействия. Они могут служить удобным инструментом для решения задач дифракции и распространения волн, для построения методов решения нестационарных обратных задач, проблем диагностики, дефектоскопии и неразрушающего контроля. Также следует отметить постановки и решения *ряда новых нестационарных контактных задач* для оболочек и упругих тел, представленные в диссертации. В основе методов их решения лежат найденные функции влияния, которые выступают в качестве ядер интегральных операторов разрешающих уравнений.

*В отношении новых методов построения решений,* предложенных в диссертации, следует отметить оригинальный подход к аналитическому

обращению совместных интегральных преобразований Фурье и Лапласа, основанный на связи интегрального преобразования с рядом Фурье на переменном интервале, а также оригинальные численно-аналитические методы решения нестационарных контактных задач с подвижными границами области взаимодействия. Также интересен подход к построению функций влияния для сферической оболочки в пространенном случае. Введение новых функций типа потенциалов позволило свести задачу к решениям известных уравнений с помощью разложений в ряды по сферическим функциям и применения интегрального преобразования Лапласа по времени. Отдельного внимания заслуживает процедура уточнения области контакта, основанная на итерационном подходе. Её применение к решению позволило уточнить область контакта с учётом деформируемости граничных поверхностей и выявить эффекты их частичного отслоения друг от друга.

*Достоверность* представленных научных результатов работы основывается на исследовании сходимости предложенных методов в каждом конкретном случае, на использовании известных моделей динамики оболочек и твёрдых деформируемых тел, а также на сравнении решений, полученных с помощью разных методов друг с другом и с известными опубликованными аналитическими и численно-аналитическими результатами других авторов в некоторых частных случаях.

В целом диссертация оставляет впечатление логически построенной, законченной научно-квалификационной работы. Её содержание разделяется на введение, в котором определены основные цели и задачи исследований, их актуальность, научная значимость и новизна, теоретическая и практическая ценность. Далее следует основное содержание работы, которое включает пять глав. Первая глава посвящена постановкам нестационарных контактных задач для оболочек и сплошных

деформируемых тел. Здесь приведён обзор современного состояния исследований по теме диссертации. Далее следует математическое описание моделей оболочек и сплошных тел, используемых для решения задач диссертации. Обсуждаются аспекты постановки условий контакта с учётом неизвестности заранее положения границ области контакта. Указан способ сведения общих постановок задач к разрешающим интегральным уравнениям. Основным результатом первой главы является система разрешающих уравнений нестационарных контактных задач с подвижными границами для оболочек и упругих тел. Вторая и третья главы диссертации посвящены решению задач о построении нестационарных функций влияния для цилиндрических и сферических оболочек, которые являются основными результатами этих глав. Поставлены и решены соответственные задачи в плоской, осесимметричной и пространственной постановках, дополнительно учтено влияние упругого заполнителя и построены соответствующие функции влияния для системы «оболочка-заполнитель». Построенные аналитическими методами решения исследованы на сходимость. С помощью найденных функций влияния решены тестовые задачи о воздействии на оболочки нестационарного внешнего давления. В четвертой главе рассмотрены двумерные нестационарные контактные задачи для цилиндрических и сферических оболочек. Исследованы процессы нестационарного контактного взаимодействия цилиндрической оболочки с упругой полуплоскостью, сферической оболочки с упругим полупространством в осесимметричном случае, а также задачи для двух цилиндрических или сферических оболочек соответственно в плоской или осесимметричной постановке с учётом наличия в оболочках упругих заполнителей. Пятая глава посвящена решению пространственной нестационарной контактной задачи для цилиндрической оболочки и абсолютно твёрдого ударника, ограниченного гладкой выпуклой

поверхностью. Для решения контактных задач разработаны оригинальные численно-аналитические алгоритмы, основанные на методе механических квадратур. Для вычисления сингулярных интегралов предложены специальные квадратурные формулы, учитывающие сильные особенности ядер соответствующих операторов. Для учёта деформируемости граничных поверхностей использована итерационная процедура, с помощью которой в процессе решения уточняются положения границ области контакта. Это позволило выявить эффекты отслоения граничных поверхностей ударника и основания в процессе нестационарного контактного взаимодействия. В заключении представлено описание основных научных результатов диссертационной работы.

*Научные положения, выводы и рекомендации представляются обоснованными, непротиворечивыми и основываются на строгой математической постановке задач диссертационного исследования, выборе математических методов, адекватных поставленным целям и задачам исследования, исследовании сходимости полученных результатов и сравнении их с результатами других авторов, анализом публикаций ведущих исследователей в направлении данной проблемы.*

### **Замечания.**

Диссертационное исследование, несомненно, вносит значимый теоретический и практический вклад в развитие механики контактного взаимодействия. Несмотря на полноту представленного материала, следует отметить и некоторые недостатки диссертации.

1. Недостаточно глубоко исследован вопрос, касающийся наличия и характера особенностей напряжений на границах области контактного взаимодействия. Эта проблема представляет определённый научный интерес, так как в нестационарных задачах характер концентрации напряжений в окрестности точек

смены граничных условий может существенно отличаться от решений аналогичных статических задач.

2. Следовало бы привести полные описания математических моделей оболочек, включая геометрические и физические соотношения. Автор ограничился только записями уравнений в перемещениях. Также можно было, кроме распределения контактного давления и перемещений, определить и усилия, возникающие в оболочках.
3. В пятой главе решена пространственная контактная задача для цилиндрической оболочки и абсолютно твёрдого тела. Хотя полученное решение и является достаточно значимым результатом, сама задача рассмотрена в наиболее простой постановке: ударник полагается абсолютно твёрдым, вектор начальной скорости коллинеарен вектору нормали к боковой поверхности оболочки. Представляется логичным рассмотреть и более сложные варианты постановки, например, случай наклонного удара по боковой поверхности оболочки, а также учёт деформируемости ударника.

Отмеченные замечания являются дискуссионными и не умаляют общую положительную оценку научной работы автора. Диссертация представляет собой законченное научное исследование, в котором построены постановки новых нестационарных контактных задач, разработаны оригинальные методы и подходы к их решению, всесторонне исследованы процессы нестационарного контактного взаимодействия оболочек и твёрдых деформируемых тел. Автореферат достаточно полно и правильно отражает основное содержание работы. Совокупность теоретических и прикладных положений, разработанных в диссертации, можно квалифицировать как важное научное достижение в области

нестационарных контактных задач механики деформируемого твёрдого тела. Диссертация отвечает требованиям, установленным постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, в её автор, Федотенков Григорий Валерьевич, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Официальный оппонент  
академик РАН, доктор  
физико-математических наук,  
профессор, заведующий  
кафедрой математического  
моделирования ФГБОУ ВО  
«Кубанский государственный  
университет»



**Бабешко Владимир  
Андреевич**

01.10.2012

Адрес: 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

Телефон: +7 (861) 219-96-23

E-mail: [babeshko41@mail.ru](mailto:babeshko41@mail.ru).

