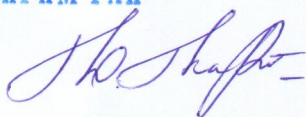


ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кирилловой Ирины Васильевны на тему «Асимптотическая теория нестационарных процессов в тонких упругих оболочках вращения», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертационной работы Кирилловой И.В., посвященной исследованию распространения нестационарных волн в тонких упругих оболочках вращения, обусловлена их широким использованием в различных отраслях современной техники (ракетно-космическая, авиастроение, судостроение, строительство) под действием разных динамических нагрузок. При этом нагрузки ударного типа приводят к необходимости анализа нестационарного напряжённо-деформированного состояния (НДС) тонких оболочек.

Научная новизна. В рассматриваемой работе разработана полная асимптотическая теория нестационарного напряжённо-деформированного состояния в оболочках вращения произвольной формы при ударных нагрузках. Разработаны схемы декомпозиции нестационарного НДС на составляющие с различными волновыми характеристиками. Выведены асимптотические уравнения для всех рассматриваемых компонент, основанные на особенностях поведения погранслоев в окрестностях волновых фронтов и квазифронтов, локализованных в узких прифронтовых зонах. При этом, что особенно важно, полнота представления нестационарного НДС выделяемыми компонентами обеспечена наличием областей согласования соседних составляющих. Расположение этих областей и совпадение с некоторой асимптотической

ПОЛУЧЕНО № 15
ИПРИМ РАН от 02.02.2026 г.


погрешностью решений для соседних составляющих выявлены с помощью асимптотической оценки разрешающих уравнений.

Практическая значимость. Разработанная на базе точных уравнений трёхмерной линейной теории упругости эффективная аналитическая теория нестационарного НДС оболочек вращения может быть использована проектными организациями, занимающимися динамическими расчётами тонкостенных оболочечных конструкций для приборостроения, космической техники, авиастроения, судостроения, машиностроения, строительства и других отраслей промышленности, работающих в условиях ударных и быстроизменяющихся во времени воздействий. Разработанные аналитические методы могут быть использованы для валидации численных результатов, получаемых с помощью различных программных пакетов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 283 страницах, содержит список использованных источников из 241 наименования.

Область исследования и содержание диссертации соответствуют специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки) по следующим пунктам паспорта специальности: п.2 Теория определяющих соотношений деформируемых тел с простой и сложной структурой; п.3 Задачи теории упругости, теории пластичности, теории вязкоупругости; п.8 Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры и п.11 Математическое моделирование поведения дискретных и континуальных деформируемых сред при механических, тепловых, электромагнитных, химических, гравитационных, радиационных и прочих воздействиях.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 35 работах, из них 15 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены его цели и задачи, перечислены методы исследования и представлены основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации результатов диссертационного исследования на всероссийских и международных научных конференциях.

В первой главе приведен обзор основных работ, посвященных исследованию нестационарных волновых процессов в тонкостенных оболочках вращения. Дана постановка задач, рассматриваемых в диссертации. Приведены три принципиально разные типы нестационарного НДС оболочек вращения и проанализировано их поведение с целью выявления областей применимости приближённых теорий.

Во второй главе представлена асимптотическая теория гиперболического погранслоя, имеющего место в малых окрестностях фронтов волн расширения и сдвига. Проведена асимптотическая аппроксимация фронтовых поверхностей, при которой они формируются повернутыми нормальными к срединной поверхности. Построены асимптотические уравнения гиперболического погранслоя на основе перехода в трёхмерных уравнениях теории упругости к характеристическим координатам, учитывающим отклонение от истинных фронтов с последующим асимптотическим интегрированием этих уравнений. Для каждого вида гиперболического погранслоя получено разрешающее гиперболическое дифференциальное уравнение второго порядка относительно асимптотически главного перемещения: продольного перемещения для погранслоёв в окрестности фронта волны расширения и нормального перемещения для погранслоя в окрестности фронта волны сдвига.

В третьей главе представлена асимптотическая теория построения нестационарного НДС оболочек вращения произвольного профиля при ударных продольных воздействиях тангенциального типа. Проанализированы безмоментная составляющая теории Кирхгофа-Лява, параболический погранслои в окрестности квазифронта (фронта двумерной волны растяжения-сжатия), коротковолновая высокочастотная составляющая и симметричный по нормальной координате гиперболический погранслои в окрестности фронта волны расширения. Определены границы областей согласования и доказано совпадение асимптотик уравнений в этих областях, как участков переходных значений показателей изменяемости и динамичности. Доказано существование области согласования безмоментной составляющей Кирхгофа-Лява и параболического погранслоя, параболического погранслоя и коротковолновой высокочастотной составляющей, коротковолновой высокочастотной составляющей и гиперболического погранслоя. Представлены методы решений краевых задач для основных составляющих.

В четвертой главе представлена полная картина построения волнового НДС оболочек вращения при ударных продольных воздействиях изгибающего типа. Исследованы изгибная составляющая теории Кирхгофа-Лява, коротковолновая высокочастотная составляющая и антисимметричный по нормальной координате гиперболический погранслои в окрестности фронта волны расширения. Доказано существование области согласования изгибной составляющей и коротковолновой высокочастотной составляющей, коротковолновой высокочастотной составляющей и гиперболического погранслоя. Как и в предыдущей главе, представлены методы решений краевых задач для основных составляющих.

В пятой главе представлена асимптотическая теория эллиптического погранслоя, имеющего место в малой окрестности условного фронта поверхностных волн Рэлея. Рассмотрено нестационарное НДС в малой нормальной координате гиперболический погранслои в окрестности фронта

окрестности этого условного фронта для полуплоскости с криволинейной границей. Такая задача является модельной для построения эллиптического погранслоя в рассматриваемых оболочках вращения при ударных поверхностных и торцевых нагрузках. В случае поверхностных нагрузок для вывода асимптотически оптимальных уравнений погранслоя используется символический метод Лурье и вариант асимптотического интегрирования в характеристических координатах, учитывающих отклонение от условного фронта волны Рэлея. Показано, что построенные разрешающие уравнения относительно объёмного и сдвигового потенциалов Ламе являются уравнениями эллиптического типа в пространственных координатах, а граничные условия определяются гиперболическим уравнением относительно объёмного потенциала.

В шестой главе представлена полная асимптотическая модель нестационарного НДС оболочек вращения при ударных поверхностных и торцевых воздействиях нормального типа. При этом использованы следующие компоненты нестационарного НДС: квазистатический погранслои типа Сен-Венана, изгибная составляющая теории Кирхгофа-Лява, низкоамплитудная антисимметричная коротковолновая высокочастотная составляющая, эллиптический погранслои (в окрестности условного фронта волны Рэлея) и антисимметричный гиперболический погранслои в окрестности фронта волны сдвига. Решение для эллиптического погранслоя в случае ударного лицевого воздействия и в случае эквивалентной задачи при ударном торцевом воздействии построено для потенциальных функций на лицевых поверхностях, удовлетворяющие гиперболическим уравнениям, с последующим использованием полученных решений уже в теле оболочки, удовлетворяющих уравнениям эллиптического типа.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационного исследования.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы неоднократно докладывались и обсуждались на международных и российских научных конференциях, а также на 11м, 12м и 13м Всероссийских съездах по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики.

Соответствие автореферата и публикаций автора требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы. Основные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях в количестве, соответствующем требованиям для докторских диссертаций, указанным в пункте 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ».

Замечания по работе и ее оформлению:

1. Одной из поставленных автором диссертации задач является «вывод асимптотически оптимальных уравнений для составляющих напряжённо-деформированного состояния». Однако, словосочетание «асимптотически оптимальные уравнения» в тексте диссертации не определено. Следовало бы четко пояснить в самом начале работы, что автор понимает под «асимптотической оптимальностью».
2. Декомпозиция нестационарного НДС для трех типов ударных воздействий (продольного, тангенциального типа; продольного, изгибающего типа и нормального типа) иллюстрируется автором на «фазовой плоскости» в осях «координата (перемещение)-усилие», что отличается от традиционного в механике понятия фазовой плоскости с осями «перемещение-скорость перемещения». Следовало бы пояснить, чем вызвано именно такое определение фазовой плоскости, поскольку нестационарные волны фазовыми характеристиками не обладают.

3. Вся асимптотическая теория нестационарных процессов в данной диссертационной работе строится (1) на малости геометрического параметра $\varepsilon = h/R$ (отношение толщины оболочки к характерному значению радиуса кривизны срединной поверхности) и (2) на двух физических параметрах, которые названы «показателем изменяемости по продольной координате q » и «показателем динамичности a ». Однако, ни показатель изменяемости, ни показатель динамичности в работе не определены.
4. Величина B' в уравнениях (1.1.10) и (1.1.11) не определена.
5. При записи определяющих уравнений в безразмерном виде безразмерные координаты вводятся через уже ранее введенные безразмерные величины (см., например, соотношения (2.2.14), (2.3.7), (4.2.4)), при этом порядок вновь введенных безразмерных величин не обсуждается.
6. Есть несколько замечаний по оформлению диссертационной работы: (а) пунктуационные ошибки (стр. 33, 35, 68, 2, 155 и др.); (б) в тексте имеются стилистические неточности и опечатки (стр. 43, 44 и др), (в) имеются опечатки в уравнениях (например, (1.1.7) и др.).

Общее заключение: Отмеченные замечания не снижают ценность представленной работы, которая, несомненно, заслуживает положительной оценки.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация Кирилловой И.В. посвящена исследованию нестационарных волн в тонких упругих оболочках вращения произвольного профиля. Диссертантом получены новые теоретические результаты, представляющие существенный вклад в развитие асимптотической теории волновых процессов в

тонких оболочках. Им внесен значительный личный вклад в решение поставленных задач и проведен их качественный анализ для погранслоев гиперболического, параболического и эллиптического типов. Исследования выполнены на высоком научном уровне.

Обобщая вышесказанное и учитывая новизну, теоретическую и практическую значимость проведенных исследований, считаю, что представленная к защите диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.9 положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор, Кириллова Ирина Васильевна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела.

Согласна на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
(научная специальность 01.02.04 механика деформируемого твердого тела), профессор,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)», заведующий кафедрой высшей математики

Шитикова Марина
Вячеславовна
30.01.2026

г. Москва, Ярославское шоссе, 26
Телефон: 8-910-345-0412
E-mail: ShitikovaMV@mgsu.ru

Заверяю подпись профессора Шитиковой М.В.
деформируемого твердого тела



8

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
КАДРОВОГО ДЕЛОПРОИЗ-
ВОДСТВА УРП
А.В. ПИНЕГИН
30.01.2026