

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации *Кирилловой Ирины Васильевны* «АСИМПТОТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОНКИХ УПРУГИХ ОБОЛОЧКАХ ВРАЩЕНИЯ», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Целью диссертационного исследования Кирилловой Ирины Васильевны является развитие асимптотической теории нестационарного напряжённо-деформированного состояния (НДС) в оболочках вращения произвольного профиля при ударных нагрузках, включающей три основных направления в рамках расчленения НДС в фазовой плоскости на составляющие с различными показателями изменчивости по пространственным координатам и динамичности по времени. Первое направление касается вывода асимптотически оптимальных разрешающих уравнений для всех составляющих. Во втором направлении доказывается полнота представления нестационарного НДС путём определения областей согласования соседних составляющих. В третьем направлении разрабатываются аналитические методы решения краевых задач для всех основных составляющих в общем случае геометрии оболочек вращения.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа содержит введение, шесть глав, заключение, список основных обозначений и список литературы. Работа изложена на 283 страницах машинописного текста, включает в себя 28 рисунков, список литературы содержит 241 источник.

Во **введении** описана актуальность и степень разработанности темы исследования, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, апробация результатов, информация о структуре работы.

Глава 1 посвящена общей постановке задач, рассматриваемых в диссертации. Сформулирована задача асимптотического анализа трехмерных динамических уравнений теории упругости применительно к тонкостенной оболочке вращения. Представлены схемы расчленения нестационарного НДС в оболочках вращения при трёх основных видах ударных торцевых воздействий: продольных воздействиях тангенциального типа, продольных воздействиях изгибающего типа и нормальных воздействиях. Приведены асимптотически оптимальные уравнения безмоментной и моментной составляющих теории Кирхгофа-Лява, уравнения коротковолновой высокочастотной составляющей и параболического погранслоя.

Глава 2 посвящена построению асимптотической теории гиперболического погранслоя. Дана постановка. Разработана асимптотическая модель геометрии передних фронтов волн, представляемых повернутыми нормальными к срединной поверхности. На базе этой модели выполнен асимптотический вывод уравнений гиперболического погранслоя в

ИПРИМ РАН

Ю. Шафр

с/14

от 02.02.2026 г.

окрестности фронта волны расширения и в окрестности фронта волны сдвига в оболочках вращения произвольного профиля. Описан механический смысл асимптотической теории гиперболического погранслоя, реализующий работу принципа Сен-Венана в нестационарных задачах теории тонкостенных конструкций.

Глава 3 посвящена построению асимптотической теории нестационарного напряженно-деформируемого состояния тонких упругих оболочек вращения при торцевых ударных воздействиях продольного типа. В главе доказана полнота представленной схемы расчленения рассматриваемого вида нестационарного НДС на составляющие с различными показателями изменчивости и динамичности в выделенных областях фазовой плоскости. Приведено решение для оболочек вращения произвольного профиля: тангенциальной составляющей Кирхгофа-Лява; симметричного гиперболического погранслоя в окрестности фронта волны расширения; параболического погранслоя в окрестности двумерного фронта растяжения-сжатия. Доказано наличие областей согласования и определены их размеры между параболическим погранслоем и двумерной тангенциальной составляющей, параболическим погранслоем и симметричным коротковолновым высокочастотным приближением, симметричным гиперболическим погранслоем и симметричным коротковолновым высокочастотным приближением. Представлены результаты численного анализа нестационарного НДС сферических оболочек при торцевом ударном нагружении типа LT.

Глава 4 посвящена построению асимптотической теории нестационарного НДС упругих оболочек вращения при торцевых ударных воздействиях изгибающего типа. Доказана полнота представленной схемы расчленения рассматриваемого нестационарного НДС. Дано решение для изгибной составляющей теории Кирхгофа-Лява. Построено асимптотическое решение для антисимметричного гиперболического погранслоя в окрестности фронта волн расширения. Доказано наличие областей согласования изгибной составляющей теории Кирхгофа-Лява и антисимметричного коротковолнового высокочастотного приближения, антисимметричного гиперболического погранслоя и антисимметричного коротковолнового высокочастотного приближения. Выполнен численный анализ нестационарного НДС сферических оболочек при торцевом LM ударном нагружении.

Глава 5 посвящена выводу асимптотических уравнений эллиптического погранслоя в окрестности условного фронта поверхностных волн Рэлея для оболочек вращения произвольного профиля. Приведены уравнения нестационарного НДС в окрестности условного фронта поверхностных волн Рэлея для полуплоскости с криволинейной границей. Выполнен асимптотический вывод уравнений эллиптического погранслоя в оболочках вращения произвольного профиля при ударных поверхностных и торцевых нагрузках.

Глава 6 посвящена построению асимптотической теории нестационарного НДС упругих оболочек вращения при торцевых и поверхностных воздействиях нормального типа. Доказана полнота представленной схемы расчленения нестационарного НДС. Дано решение для изгибающей составляющей теории Кирхгофа-Лява. Описан процесс разработки асимптотического решения для эллиптического погранслоя при ударном воздействии на лицевые поверхности и при ударном торцевом воздействии. Выполнен численный анализ решения для эллиптического погранслоя на примере сферической оболочки при ударном воздействии на лицевые поверхности и при ударном торцевом воздействии.

В **заключении** приведены основные результаты исследования и выводы.

Актуальность темы диссертации

Диссертация Кирилловой И.В. посвящена развитию асимптотической теории нестационарного напряжённо-деформированного состояния (НДС) в оболочках вращения произвольного профиля при ударных торцевых и лицевых нагрузках. В различных отраслях промышленности применяются оболочечные конструкции, которые в процессе эксплуатации подвергаются ударному внешнему воздействию. В работе изложена динамическая теория тонкостенных упругих оболочек вращения произвольного профиля, рассматриваемая как асимптотическая ветвь трехмерной теории упругости. Ее наиболее важной особенностью является то, что учитываются явления, характеризующиеся пространственным масштабом, меньшим или равным толщине тела, и временным масштабом, равным времени, за которое упругие волны распространяются на расстояние, равное и меньшее толщины конструкции. Классическая теория оболочек Кирхгофа-Лява, ее усовершенствования, теория Тимошенко неприменимы для описания подобных явлений, т.к. при рассматриваемом типе воздействий НДС обладает неоднородной изменяемостью по координатам и времени, быстро изменяется в узких зонах фронтов и квазифронтов. В работе для участков с однородной изменяемостью решения построены приближенные асимптотические теории, доказано наличие областей согласования разрешающих уравнений соседних составляющих.

В соответствии с этим **актуальность исследования** Ирины Васильевны не вызывает сомнений, так как развивает теорию нестационарного НДС в тонких оболочках при ударных воздействиях и предлагает подходы для анализа процесса распространения волн и постановки численных методов определения значений компонент НДС.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов диссертации обеспечена корректностью методов асимптотического интегрирования трёхмерных уравнений динамической теории упругости для получения асимптотических уравнений составляющих НДС в различных участках фазовой плоскости и доказательством полноты его представления для всех типовых случаев

ударных торцевых воздействий. Достоверность разработанных аналитических методов решения краевых задач для составляющих обеспечивается корректно применяемыми асимптотическими методами разложения в ряды различного типа по отрицательным степеням малого параметра тонкостенности (с применением базового метода экспоненциального представления) при использовании интегральных преобразований Лапласа и Фурье, разложений по положительным и отрицательным степеням параметра преобразования, разложений по специальным функциям и др.

Научная новизна

Построена единая оптимальная система приближённых теорий, описывающих нестационарное НДС тонких оболочек вращения произвольного очертания.

Теоретическая и практическая значимость работы

Асимптотические методы, разработанные И.В. Кирилловой для тонких упругих оболочек вращения произвольного профиля при ударных торцевых и лицевых нагрузках, позволяют обобщить их на широкие классы оболочек произвольной геометрии, оболочек, выполненных из материалов различного неупругого типа и оболочек, находящихся под действием нагрузок, сложно меняющихся по времени и координатам, а также для анализа НДС конструкций при их расчётах численными методами.

Апробация результатов диссертационного исследования

Всего по материалам диссертации опубликовано 15 работ в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также 3 главы в зарубежных монографиях. Результаты исследования докладывались на профильных конференциях и Всероссийских съездах по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики.

Вместе с тем по работе можно сделать следующее **замечание**:

Решение для эллиптического погранслоя при ударных лицевых и торцевых воздействиях является сложным: оно затухает как при удалении от лицевой поверхности, так и от условного фронта поверхностных волн Рэлея. Оно требует более подробного численного анализа этих свойств.

Отмечу при этом, что представленное замечание имеет характер пожелания для дальнейших исследований, не снижает научной ценности диссертационной работы и не влияют на положительное впечатление о проведенном Кирилловой И.В. исследовании в области механики деформируемого твердого тела.

Текст автореферата диссертации правильно и полно отражает содержание диссертационной работы, тема и содержание исследования соответствуют паспорту специальности 1.1.8. – Механика деформируемого твердого тела по пунктам 2, 3, 8: п. 2 «Теория определяющих соотношений деформируемых тел с простой и сложной структурой» (физико-математические науки); п. 3 «Задачи теории упругости, теории пластичности, теории вязкоупругости» (физико-математические науки); п. 8 «Динамика

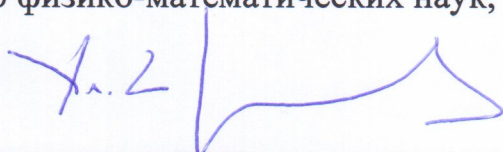
деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры» (физико-математические науки).

Резюмируя, считаю, что диссертационная работа **Кирилловой Ирины Васильевны «Асимптотическая теория нестационарных процессов в тонких упругих оболочках вращения»** является законченным квалификационным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемых к докторским диссертациям по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела, а ее автор **Кириллова Ирина Васильевна** заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по указанной специальности.

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

Официальный оппонент:

Директор Института проблем машиностроения РАН – филиала
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им.
А.В. Гапонова–Грехова Российской академии наук»,
доктор физико-математических наук, профессор



Ерофеев Владимир Иванович

26.01.2026г.

Специальность ВАК: 1.1.8 (01.02.04) – Механика деформируемого
твёрдого тела

Адрес 603024, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, д. 85,
ИПМ РАН

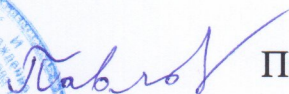
Телефон +7 (831) 432-03-00

E-mail erof.vi@yandex.ru

Подпись Ерофеева Владимира Ивановича заверяю:

Заместитель директора по научной работе Института проблем
машиностроения РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский
центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова Российской
академии наук»

д.ф.-м.н., доцент



Павлов И.С.