

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.06.2018 № 15

О присуждении *Андрюковой Веронике Юрьевне*, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Нелинейные и конструктивно-нелинейные задачи механики упругих элементов конструкций» по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела» принята к защите 09.04.2018, протокол № 8, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018 г.

Соискатель Андрюкова Вероника Юрьевна, 1973 года рождения, в 1996 г. окончила ФГБОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет» по специальности «Математика», квалификация «Математик. Преподаватель». В 2015 г. окончила аспирантуру заочной формы обучения в Сыктывкарском государственном университете по научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела. В настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории математики и телекоммуникаций Физико-математического института Коми научного центра УрО РАН. Диссертация выполнена в Сыктывкарском государственном университете.

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Тарасов Владимир Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории математики и телекоммуникаций Физико-математического института Коми научного центра УрО РАН.

Официальные оппоненты:

1. Бураго Николай Георгиевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела ФГБУН «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН» (г. Москва),

2. Лекомцев Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отдела комплексных проблем механики деформируемых твердых тел ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (филиал «Институт механики сплошных сред УрО РАН»), (г. Пермь),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный университет», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, составленным Кабрицем Сергеем Александровичем, к.ф.-м.н., доцентом кафедры вычислительных методов механики деформируемого тела; и утвержденном проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», профессором Аплоновым С.В, указала, что диссертация представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком уровне, содержащее существенное продвижение в теории устойчивости упругих систем. Полученные результаты имеют как практическое значение, так и фундаментальную значимость, а также высокую степень новизны и достоверности. Представленная диссертационная работа «Нелинейные и конструктивно-нелинейные задачи механики упругих элементов конструкций» удовлетворяет критериям Положения ВАК России «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Андриюкова Вероника Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела».

Соискателем опубликовано 25 научных работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК, и 1 публикации, входящей в систему цитирования SCOPUS:

1. **Андриюкова В.Ю.,** Тарасов В.Н. Об устойчивости упругих систем с неустойчивыми связями. // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2013. – №3(15). – С. 12-18.
2. **Андриюкова В.Ю.,** В.Н. Тарасов. Аналитическое решение задач устойчивости упругих систем при односторонних ограничениях на перемещения. // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2014. – №3(19). – С. 39 — 43.
3. **Андриюкова В.Ю.** Некоторые задачи устойчивости упругих систем с односторонними ограничениями на перемещения. // Вычислительная механика сплошных сред. – 2014. – Т. 7, №4. – С. 412-422.
4. **Veronika Andryukova, Vladimir Tarasov.** Nonsmooth problem of stability for elastic rings. Труды международной конференции «Конструктивный негладкий анализ и смежные вопросы», посвященной памяти профессора В.Ф. Демьянова. Ч. I. - СПб.: Издательство ВВМ, 2017. 268 с.; DOI: 10.1109/CNSA.2017.7973928.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Бураго Н.Г. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; новизна, научная и практическая значимость полученных результатов; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Оппонент отмечает: «серьезных претензий к качеству изложения материала нет, следует отметить обстоятельность обзора, подробность и высокое качество изложения материала диссертации».

2. Положительный отзыв официального оппонента Лекомцева С.В. В отзыве отмечено, что результаты диссертационной работы представляют научный интерес и имеют

практическое значение. Аналитические и численные решения задач устойчивости стержней, колец, тонкостенных пластин и оболочек при наличии односторонних связей имеют потенциальную возможность применения в связи с широким использованием этих элементов конструкций в машиностроении, строительстве и др. отраслях, где контактное взаимодействие приводит к ограничениям на перемещения. Наличие аналитических решений позволяет просто и быстро провести первоначальную оценку состояния системы. Оппонент отмечает следующие замечания:

- Приведенный обзор литературы не отражает текущее состояние исследований. Список цитирований содержит всего две работы, опубликованные за последние 15 лет. Обзор публикаций по пластинам и оболочкам не содержит информации о современных численных методах и подходах к их моделированию.
- В разделе 3.4 статические и кинематические граничные условия, указанные в формулировке задачи, определены на одинаковых областях. Под действием нормальных усилий, приложенных на краях $x=0$, $x=a$; $0 < y < b$, пластина не будет деформироваться, если она шарнирно оперта или жестко закреплена на этих же границах.
- При численном решении задачи в разделе 3.4 граничные условия свободного края (3.137) явно не задавались. В связи с этим, возникает вопрос, а выполняются ли они на самом деле? Необходимо показать, чему равен изгибающий момент на границе.
- Из текста работы не ясно, для какого из четырех рассмотренных видов граничных условий приведены данные, изображенные на рис.3.15. Будут ли отличаться формы равновесия пластины для вариантов закрепления I и III?
- В разделе 3.5 отмечается, что используемая нелинейная постановка является более точной, потому что для вычисления работы внешних сил применяется точная термодинамическая формула. Однако, каких-либо рассуждений, поясняющих достоинства и недостатки этого подхода не приводит. Также не уделяется должного внимания месту данной постановки и полученных с ее помощью научных результатов среди множества альтернативных оболочечных теорий и численных подходов.
- При решении задач устойчивости торообразной и сферической оболочек значение критического давления определяется из зависимости максимального перемещения от величины приложенного нормального давления. «Критическим следует считать то значение P^* после которого $F(t)$ начинает резко возрастать». Вместо этого абстрактного определения следует ввести математически обоснованный критерий устойчивости, иначе результаты будут необъективны.
- Сравнение полученного численно критического давления для торообразной оболочки с экспериментальными данными, представленными в работе [15], не совсем корректно, поскольку закритическая деформация не является симметричной. Необходимо каким-то образом подтвердить адекватность предлагаемой в работе «наиболее точной нелинейной постановки».
- Включение Главы 4 в текст диссертации не обосновано. Диссертанту следовало сначала ознакомиться с существующими исследованиями и включить соответствующие публикации в обзор литературы. Глава 4 выглядела бы в ней эффективным логическим продолжением раздела 3.4, если бы в ней были рассмотрены линейные и нелинейные колебания пластин с ограничениями на перемещения.

- Определяющие уравнения теории пластин в Главе 4 приведены не полностью, поэтому непонятно, о каких напряжениях и соответствующих усилиях в срединной плоскости идет речь.
- Сравнение линейной и нелинейной задач, представленное на рис.4.2, является некорректным. Начальный прогиб в два раза превышает толщину пластины, что не является приемлемым для линейной постановки.
- Математическая постановка задачи в разделе 3.4, в частности граничные условия, изложены вперемешку с их численной реализацией.
- Из текста диссертации не ясно, каким образом выражение для $V_i(x)$, приведенное на стр.60, относится к тексту о сходимости численного решения.
- На с.69-71, 79 не указаны единицы измерения. Это затрудняет трактовку результатов.
- Математическая постановка задачи динамики прямоугольных пластин в Главе 4 изложена не совсем традиционным образом.
- Формула (4.8) содержит опечатку.
- Геометрические размеры пластин, изображенных на рис. 4.1 и 4.2, не соответствуют указанным на стр.79.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком уровне, содержащее существенное продвижение в теории устойчивости упругих систем. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- При анализе расчета на устойчивость торообразной оболочки не обосновано принятое на основании рис.3.16 значение критической нагрузки $P^*=0.13$.
- Недостаточно приведено результатов при расчете сферической оболочки; при численных экспериментах на устойчивость оболочек вращения не рассмотрена линеаризованная задача и не определены собственные числа матрицы вторых частных производных.
- При анализе устойчивости сферической оболочки не обосновано принятое на основании рис.3.17 значение критической нагрузки $P^*=0.35$.
- В работе имеются повторения: сначала кратко описывается теория криволинейных тонких стержней в общем случае, а потом в параграфе, где решается задача устойчивости подкрепленного кольца при внешнем нормальном давлении формула для упругой энергии выводится снова.

На автореферат поступило 6 отзывов:

1. Положительный отзыв от Голубятникова В.П., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории обратных задач математической физики, ФГБУН Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск (без замечаний);
2. Положительный отзыв от Копысова С.П., д.ф.-м.н., главного начного сотрудника Лаборатории вычислительной механики (4 замечания);
3. Положительный отзыв от Данилина А.Р., д.ф.-м.н., заведующего Отделом уравнений математической физики, ФГБУН Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, г. Екатеринбург (без замечаний);
4. Положительный отзыв от Осипенко М.А., к.ф.-м.н., доцента кафедры «Теоретическая механика и биомеханика», Пермского национального

исследовательского политехнического университета, г. Пермь (без замечаний);

5. Положительный отзыв от Полещикова С.М., д.ф.-м.н., зав. кафедрой «Информационные системы», ФГБОУ ВО Сыктывкарский лесной институт Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, г. Сыктывкар (без замечаний).
6. Положительный отзыв от Тамасяна Г.Ш. к.ф.-м.н., доцента кафедры математической теории моделирования систем управления факультета ПМ-ПУ СПбГУ, г. Санкт-Петербург (без замечаний).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- Следовало бы отразить содержание первых двух глав в автореферате.
- Оси графиков на рис. 1, 3, 4 автореферата не обозначены.
- Подпись к рис. 5 неудачна и не приведены единицы измерения.
- Список публикаций автора оформлен небрежно.

В отзывах отмечено, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области механики, имеют большое число публикаций с результатами теоретических и экспериментальных исследований в механике; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», широко известна своими достижениями в области вычислительной математики и механики, в университете активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования, основанные на достижениях математики, вариационного исчисления, механики и прикладной математики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы и методы решения задач устойчивости упругих систем при наличии односторонних (неудерживающих) связей, накладываемых на перемещения, позволившие исследовать устойчивость упругих элементов конструкций при их контактном взаимодействии с неизвестной областью контакта;

предложены: (1) аналитические решения новых задач устойчивости упругих систем при наличии ограничений на перемещения в виде неравенств; (2) новый уточненный подход к решению задач устойчивости оболочек вращения в осесимметричном случае;

показано существенное влияние односторонних связей на величину критической нагрузки в задачах устойчивости стержней и пластин;

введены новые методы поиска точек бифуркации решений вариационных задач при ограничениях на искомые функции в форме неравенств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

получены: точные формулы для значений критической нагрузки в ряде новых задач устойчивости упругих систем при односторонних ограничениях на перемещения;
показана необходимость реализации уточненного метода расчета оболочек вращения на устойчивость в осесимметричном случае; необходимость применения нелинейной теории Кармана для анализа нелинейных колебаний пластин;

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):

использованы аналитические и численные методы исследования напряженно-деформированного состояния стержней, пластин и оболочек, численные методы решения экстремальных задач;

изложены результаты аналитического и численного исследования устойчивости упругих систем в контактных задачах для гибких элементов конструкций; результаты численного анализа устойчивости оболочек вращения;

раскрыты особенности решения задач устойчивости упругих систем при односторонних ограничениях на перемещения;

изучено влияние различных способов подкрепления стержней и колец на величину критической нагрузки; влияние напряжений в срединной поверхности на свободные колебания пластин;

проведена модернизация численных алгоритмов решения задач устойчивости упругих систем.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны рекомендации для создания новых сложных, легких и экономичных тонкостенных конструкций в строительстве и современном машиностроении;

получены уточненные результаты расчета на устойчивость конструктивно-нелинейных задач упругих систем;

создан комплекс алгоритмов и программ для расчета на устойчивость упругих систем;

представлены рекомендации, для использования при расчетах на устойчивость сосудов из композитных материалов, вкладышей в двигателях и в других случаях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных уравнениях теории пластин, стержней и оболочек; результаты, полученные в рамках диссертационной работы, согласуются с известными данными, представленными в научной литературе;

идея базируется на обобщении опыта решения контактных задач для гибких элементов конструкций, и развитии теоретических и численных результатах в области исследования вариационных неравенств;

использованы известные результаты в теории упругих систем для тестирования алгоритмов, разработанных и применяемых автором;

