

Отзыв официального оппонента

заведующего кафедрой «Теоретическая механика и сопротивление материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный технологический университет», доктора физико-математических наук, профессора Серазутдинова Мурата Нуриевича на диссертацию Луканкина Сергея Анатольевича "Уточненные математические модели статического деформирования и устойчивости многослойных оболочечно-стержневых конструкций и высокоточные численные методы их исследования", представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертации

Многие современные конструкции, используемые в авиации, космических аппаратах, автомобилестроении, имеют сложную структуру, выполнены из высокопрочных конструкционных и композиционных материалов. Их производство является довольно дорогостоящим. Поэтому разработка методов математического моделирования, с целью анализа несущей способности и ресурса указанных конструкций, является актуальной задачей.

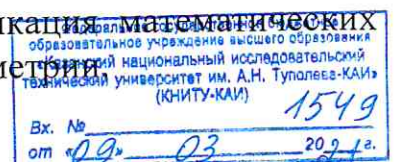
В диссертационной работе Луканкина С.А. представлены результаты математического моделирования деформирования и устойчивости сложных многослойных конструкций. Приведены разработанные автором модификации численных методов, позволяющие существенно повысить точность расчетов и использовать эффективные матричные алгоритмы. Указанные разработки реализованы в виде проблемно-ориентированных программных комплексов.

На основе анализа представленных результатов исследований можно констатировать, что тема диссертационной работы Луканкина С.А. "Уточненные математические модели статического деформирования и устойчивости многослойных оболочечно-стержневых конструкций и высокоточные численные методы их исследования" является актуальной.

Структура и содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 419 печатных страницах, состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы из 238 источников. В работе 137 рисунков, 40 таблиц и приложение объемом 6 страниц.

В первой й главе рассматриваются вопросы построения методологии математических моделей для конструкций, состоящих из тонкостенных элементов в виде многослойных оболочек переменной толщины и неканонической формы. Построены выражения для метрических тензоров для произвольной поверхности оболочки через указанные геометрические параметры базовой поверхности. Введена классификация математических моделей оболочек, учитывающая особенности их геометрии.



Во второй главе представлена разработанная с использованием вариационных соотношений математическая модель многословных оболочек. Приведены геометрически нелинейные уравнения статического деформирования и устойчивости. Указанная модель позволяет единой методологии рассматривать любой фрагмент сложной тонкостенной конструкции. Представлены нелинейные соотношения математической модели оболочек с трансверсально-мягким наполнителем при термосиловом нагружении.

В третьей главе описывается численный метод повышенной точности в которой применяется конечно-элементная схема, основанную на лагранжевой аппроксимации с численным интегрированием. Во второй части этой главы указанная вычислительная схема используется как комбинация метода Канторовича и В-сплайнов. Приводятся результаты численного исследования сходимости разработанных методов и их апробация на решении ряда модельных задач.

В четвертой главе описана высокоточная вычислительная схема, использующая модифицированный метод интегрирующих матриц. Сравнительная точность метода демонстрируется на ряде решений задач численного вычисления интегралов. Указанная схема дополнена эффективными алгоритмами, использованными автором при разработке программного комплекса исследования задач устойчивости для цилиндрических оболочек и криволинейных стержней.

В пятой главе построена математическая модель, предназначенная для исследования потери устойчивости цилиндрических оболочек. Проведены результаты исследования потери устойчивости цилиндрических оболочек.

В шестой главе разработан численный метод исследования устойчивости цилиндрических оболочек, базирующийся на использовании уравнений динамики.

В седьмой главе на основе вариационного подхода для оболочечно-стержневой конструкции, разработан алгоритм сведения вариационной задачи с ограничениями к замкнутой системе соотношений математической модели механики деформирования и устойчивости. Построенные соотношения используются для разработанных программных комплексов.

В восьмой главе описаны модели устойчивости тонкостенных конструкций из композиционных материалов, полученные на базе построенных ранее математических моделей. Предложен вычислительно-экспериментальный метод определения механических и прочностных характеристик трансверсально-мягкого наполнителя. Используется уже описанный в диссертации метод построения математической модели.

Приложение содержит акты внедрения результатов диссертационной работы на предприятиях (АО «Камов», ПАО МЗиК (г. Екатеринбург) и Инжиниринговом центре «КАИ-Композит» КНИТУ-КАИ).

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе результатов определяются использованием современных достижений механики деформируемого твердого тела и вычислительной математики в сочетании с проверкой достоверности некоторых расчетов с данными исследований других ученых.

Апробация результатов исследования

Основные результаты работы опубликованы в 66 печатных работах, из которых 24 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ и 15 статей в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus. Получены 3 патента на изобретение, 7 свидетельств государственной регистрации программ для ЭВМ. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались на международных и всероссийских тематических научно-технических конференциях.

Научная новизна основных результатов исследования

К результатам, составляющим научную новизну относится следующее.

1. Разработан способ математического моделирования деформирования и потери устойчивости сложных слоистых элементов конструкций, включающий полученные автором диссертации следующие результаты исследований:

- методологию формирования математических моделей для оболочек сложной геометрии, позволяющую описывать деформирование реальных тонкостенных элементов конструкций;

- комбинированную нелинейную дискретно-структурную математическую модель многослойных оболочек со слоями сложной геометрии;

- универсальный алгоритм формирования замкнутой системы соотношений математической модели деформирования сложных цепных конструкций;

- вычислительно-экспериментальный метод для определения механических и прочностных характеристик слоев заполнителя;

- эффективный алгоритм определения значений параметров критической нагрузки и функций формы при потере устойчивости многослойных элементов конструкций.

2. Разработаны математические модели, высокоточные численные методы и вычислительные схемы, на основе которых решены задачи статики и устойчивости стержневых, тонкостенных элементов и составленных из них конструкций.

3. Созданы комплексы программ, в которых реализованы полученные автором результаты моделирования и методов решения краевых задач. На основе численных расчетов получены новые данные о влиянии различных механических параметров на напряженно-деформированное состояние и устойчивость сложных тонкостенных конструкций.

Замечания по диссертационной работе

1. Считаю, что материал докторской диссертации следовало бы изложить более компактно. Например, исследование достоверности и точности построенного численного метода, проведенное для сравнительно простой задачи изгиба балки, изложено на четырех страницах (стр.206-209), что можно было бы изложить на 1-й странице.

В ряде мест чтение текста работы затруднительно из-за перенасыщенности информации в предложениях. В частности, на 23 странице автореферата предложение «Во **второй главе** описывается построение замкнутой системы соотношений нелинейной комбинированной дискретно-структурной математической модели статического деформирования и устойчивости многослойных оболочек со слоями сложной геометрии, которая допускает использование в качестве универсальной математической модели для широкого класса расчетных схем типовых оболочечных подструктур в составе сложных составных тонкостенных конструкциях из композиционных материалов и полностью удовлетворяет требованиям корректного описания механизмов потери устойчивости реальных многослойных оболочечных элементов конструкций» содержит 63 слова и трудно уловить смысл этого предложения.

2. Не представлено обоснование некоторых заключений. Например, утверждается, что «...**обусловленность** разрешающей системы алгебраических уравнений практически не зависит от числа узлов сетки. Это позволяет, в отличие от стандартного метода конечных элементов, **производить локальное сгущение узлов сетки без повышения числа обусловленности матриц**». Однако, каких-либо обоснований или расчетов в диссертации не приведено. Следует отметить, что указанное замечание (о том, что не представлено обоснование...) не относиться к сделанным в работе основополагающим утверждениям и заключениям.

3. В шестой главе приводится постановка задачи устойчивости с учетом и без учета сил инерции. Следовательно, представлена постановка задачи устойчивости при действии статических и динамических нагрузок. Следует иметь в виду, что при действии динамических нагрузок, для анализа динамической потери устойчивости, используются критерии потери устойчивости, отличающиеся от критериев статической потери устойчивости. В работе на эту особенность не обращено внимания и не раскрыта цель исследования потери устойчивости в динамической постановке.

4. При оценки полученных в диссертации результатов использованы такие формулировки: «новый высокоточный численный метод» (относится к двум использованным в диссертации методам), «новый эффективный численный метод». По смыслу текста, это утверждения того, что автором диссертации созданы **новые численные методы**. Считаю, эти формулировки излишне категоричными, т.к. в диссертации представлены

модификации известных методов. Новые численные методы создаются и мировой науке не так часто.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертация Луканкина С.А. «Уточненные математические модели статического деформирования и устойчивости многослойных оболочечно-стержневых конструкций и высокоточные численные методы их исследования», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, является законченной научно-исследовательской работой.

В диссертации изложены результаты исследования важной научно-технической проблемы – создание фундаментальных основ и методов исследования задач статического деформирования и устойчивости сложных многослойных конструкций. Работа обобщает многолетнюю плодотворную работу автора.

Решены некоторые задачи, связанные с созданием эффективных математических моделей, высокоточных численных методов. Показаны достоверность и эффективность указанных методов исследования. Разработанные автором модификации численных методов, позволяют повысить точность расчетов и использовать эффективные матричные алгоритмы.

Созданы проблемно-ориентированные комплексы программ, основанные на построенных автором диссертации математических моделях и модифицированных численных методах.

Считаю важным отметить, что полученные результаты имеют высокую практическую значимость.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ представляет» по следующим пунктам:

- разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений;

- развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей;


- реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;

- разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурного эксперимента на основе его математической модели.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Луканкина Сергея Анатольевича соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением

Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в ред. от 02.08.2016 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент
Заведующий кафедрой «Теоретической механики
и сопротивления материалов» ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»»,
доктор физико-математических наук, профессор
М.Н. Серузутдинов

 « 07 » марта 2021 г.

Адрес, включая адрес электронной почты:
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
технологический университет»»
420015, Казань, ул. Карла Маркса, д.68
тел. +7 (843) 231-41-04, e-mail: serazmn@mail.ru

Подпись д.ф.-м.н., профессора Серузутдинова Мурата Нуриевича заверяю

« _____ » _____ 2021 г.
М.П.

Подпись Серузутдинова М.Н.

удостоверяется.

Начальник ОКИД ФГБОУ ВО «КНИТУ»

 О.А. Перельгина

03 2021 г.



Председателю диссертационного совета Д212.079.10
на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет им.
А.Н.Туполева – КАИ»
доктору технических наук, профессору
Г.Л. Дегтяреву

Уважаемый Геннадий Лукич!

Я, Серазутдинов Мурат Нуриевич, подтверждаю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертационной работе Луканкина Сергея Анатольевича на тему: «Уточненные математические модели статического деформирования и устойчивости многослойных оболочечно-стержневых конструкций и высокоточные численные методы их исследования», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Согласен на обработку моих персональных данных и на размещение моего отзыва на диссертацию на сайте КНИТУ-КАИ. Ознакомлен с тем, что отзыв на диссертацию должен быть передан в диссертационный совет не позднее, чем за 15 дней до дня защиты диссертации. Сообщаю следующие сведения, направляемые в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации:

Фамилия Имя Отчество	Серазутдинов Мурат Нуриевич
Гражданство	РФ
Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Д.ф.-м.н., 01.02.04
Учёное звание, специальность	Профессор, 01.02.04
<i>Место работы:</i>	
Полное наименование организации (согласно уставу)	ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Занимаемая должность	Заведующий кафедрой «Теоретической механики и сопротивления материалов»
Почтовый адрес организации	420015, Казань, ул. Карла Маркса, д.68
Адрес электронной почты	serazmn@mail.ru
Номер рабочего телефона	+7 (843) 231-41-04

Список основных публикаций официального оппонента в соответствующей сфере исследования в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций):

1. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Расчет усиливаемых напряженных тонкостенных стержней открытого профиля при упругопластических деформациях. Ученые записки КГУ. Серия физико-математических наук Т.157 кн. 1. Казань. 2015 г. С. 141 - 146.
2. Серазутдинов М.Н., Сидорин С.Г., Хайруллин Ф.С. Расчет тонкостенных элементов конструкций из сотового поликарбоната. Вестник Казанского технологического университета. Т. 18, № 1. Казань. 2015 г. С. 347 - 350
3. Серазутдинов М.Н. Метод построения финитных функций класса C^0 высокой степени аппроксимации. Вестник Казанского технологического университета. Т. 19, № 11. Казань. 2016 г. С. 160 - 162.
4. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Вариационный метод расчета прямолинейных и криволинейных тонкостенных стержней: монография. Казань. Изд-во КНИТУ, 2016 г. 144 с.
5. M.N. Serazutdinov, M.N. Ubaydulloyev. Method of Calculation of Strengthening of the Loaded Rod Structures Taking into Account Plastic Deformations. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016. Procedia Engineering 150 (2016) 1741- 1747.
6. М.Н.Серазутдинов, М.Н.Убайдуллоев, Низамеев В.Г. Расчет нагруженных конструкций, усиливаемых способами увеличения сечения и изменения расчетной схемы. Известия КГАСУ, 2016 г. № 3(37) С. 255 – 262.
7. M N Serazutdinov. Construction and use of numerical-analytical approximating functions. 11th International Conference on "Mesh methods for boundary-value problems and applications" IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 158 (2016) 012082 doi:10.1088/1757-899X/158/1/012082 (Скопус)
8. Серазутдинов М.Н. Оценка границ предельной нагрузки для тонкостенных конструкций. Вестник технологического университета. Т. 21, № 12. Казань. 2018 г. С. 159 – 164.
9. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Метод расчета упругопластического деформирования усиленных стержневых конструкций при различных режимах нагружения / М.Н. Серазутдинов, М.Н. Убайдуллоев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного ун-та. 2018. № 4(46). С. 370-378.
10. M.N. Serazutdinov, M.N. Ubaydulloyev. The method of calculating inelastic elements of rod structures under loading, unloading and reloading regimes. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 1158 (2019) 042014. 6 p. (Web of Science, Scopus) Двенадцатая Международная конференция «Сеточные методы для краевых задач и приложения».

11. Убайдуллоев М.Н. Серазутдинов М.Н. Программный комплекс для расчета усиленных в напряженном состоянии стержневых конструкций с учетом упругопластических деформаций. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019618670. 2019 г.
12. Serazutdinov M. N., Hussain Abdulaziz Abraham, Enaam Obeid Hassoun, Hind D. Salman. Thin-plate stress analysis solved by combining FEM functions and approximations of class C^0 . IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 765 (2020) 012057 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/765/1/012057. 10 p.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой «Теоретической механики
и сопротивления материалов» ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»»,
доктор физико-математических наук



М.Н. Серазутдинов

« _____ » _____ 2021 г.

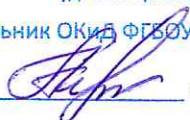
Подпись д.ф.-м.н., профессора Серазутдинова Мурата Нуриевича заверяю

« _____ » _____ 2021 г.

Подпись Серазутдинова МН

удостоверяется.

Начальник ОКиД ФГБОУ ВО «КНИТУ»



О.А. Перельгина

« _____ » _____ 20 _____

