

Утверждаю:

Проректор по научной работе
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Российский университет дружбы
народов»,

Доктор философских наук, про-
фессор,



Н.С. Кирабаев

«9», ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» на диссертацию Ищанова Тлека Рахметоловича «Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с учетом поперечного сдвига при различных вариантах аппроксимации угловых перемещений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика

Актуальность темы исследования

Тонкостенные конструкции широко применяются в различных областях техники и относятся к наиболее оптимальным видам конструкций. Несмотря на обширную литературу по теории и методам расчета тонких оболочек и наличию программных комплексов расчета пространственных конструкций,

часто возникают проблемы, которые требуют дополнительных исследований. Для расчета пространственных конструкций чаще всего используются численные методы и большинство программных комплексов использует метод конечных элементов. Как показывают исследования, при расчете сложных пространственных конструкций методом конечных элементов не всегда обеспечивает точность и надежность расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции. Поэтому диссертационная работа, посвященная разработке алгоритма расчета тонких оболочек на основе векторной аппроксимации узловых перемещений, позволяющая учитывать смещения конечных элементов как твердого целого и улучшить сходимость итерационного процесса, в том числе с учетом поперечного сдвига в сечениях оболочки, является актуальной.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 189 наименований, и приложения. Общий объем составляет 168 страниц и включает 37 рисунков, 19 таблиц. В приложении приведены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и акт о внедрении результатов диссертационной работы. Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Во введении приведено обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы, сформулированы ее цели и задачи, а также основные положения, обосновывающие научную и практическую значимость выполненной работы и достоверность полученных результатов.

В первой главе приведен обзор существующих публикаций по теории тонких оболочек, по методам расчета оболочек, в частности по методу конечных элементов (МКЭ). Отмечается, что гипотезы Кирхгофа-Лява не учи-

тывают поперечных сдвигов по толщине оболочки, что может влиять на точность расчета НДС оболочки.

Во второй главе излагаются основы геометрии поверхностей, в частности эллиптического цилиндра, и вопросы деформирования тонких оболочек на основе гипотез Кирхгофа-Лява. Излагается алгоритм расчета тонких оболочек методом конечных элементов на основе скалярной аппроксимации узловых перемещений, обычно используемый в программных комплексах МКЭ, и алгоритм расчета на основе векторной аппроксимации узловых перемещений конечного элемента, разработанный автором диссертации. На основе обоих алгоритмов разработаны программы расчета оболочек и проведены расчеты эллиптических (как частный случай круговых) цилиндров с различными условиями опирания и вариантами нагрузок. Расчет кругового цилиндра показал хорошую сходимость по обоим вариантам аппроксимации узловых перемещений. Результаты расчета практически совпадают с расчетом, проведенным другим авторами.

Проведены расчеты эллиптического цилиндра с различным отношением полуосей эллипса. Для варианта скалярной аппроксимации перемещений сходимость ухудшается при увеличении отношения полуосей эллипса и результаты расчета противоречат общим условиям равновесия оболочки, нарушаются условия симметрии. Увеличение числа шагов разностной сетки в этом варианте не улучшает сходимость результатов расчета. Расчеты, проведенные для эллиптического цилиндра по второму методу – векторной аппроксимации узловых перемещений на различных разностных сетках показали хорошую сходимость. Условия симметрии соблюдаются на любой разностной сетке. Расчеты проведены для эллиптических цилиндров с различными условиями опирания и типов нагрузок.

В третьей главе рассматривается алгоритм расчета оболочки МКЭ на базе скалярной аппроксимации полей перемещений с учетом деформаций сдвига поперечного сечения оболочки. Рассмотрены два варианта учета сдвига поперечного сечения: 1) угол поворота поперечного сечения оболочки с учетом сдвига отсчитывался от нормали к недеформированной поверхности оболочки; 2) угол поворота поперечного сечения оболочки с учетом сдвига отсчитывался от нормали к деформированной срединной поверхности оболочки. По обоим вариантам разработаны алгоритмы и программы. Проведены расчеты круговых и эллиптических цилиндров на различные типы нагрузок. Для анализа точности расчетов, расчеты проведены с различной разностной сеткой. Из приведенных примеров для обоих вариантов наблюдается сходимость расчетного процесса, но 2-й вариант при отсчете угла сдвига от нормали деформированной поверхности показал более быструю сходимость.

В четвертой главе рассмотрены алгоритмы расчета оболочки с учетом деформаций сдвига поперечного сечения оболочки с аналогичными предыдущему разделу вариантами учета угла поворота поперечного сечения оболочки, но на основе векторной аппроксимации полей перемещений.

Далее в 4-й главе проведены сравнительные расчеты эллипсоидальных цилиндров с отсчетом угла деформаций сдвига поперечного сечения от нормали недеформированной и деформированной срединной поверхности оболочки со скалярной и векторной аппроксимацией полей перемещений конечного элемента. Показано, что наилучшей сходимостью обладает алгоритм расчета на основе векторной аппроксимации с отсчетом угла сдвига от нормали к деформированной срединной поверхности оболочки. На примере расчета эллиптического цилиндра с опиранием на пружинные опоры показано, что алгоритм расчета на основе векторной аппроксимации точно учитывает смещения оболочки как твердого тела и напряжения соответствуют напряжениям оболочки при опирании на жесткие опоры (опоры и равномерная нагрузка распределены вдоль оси цилиндра). При скалярной аппроксимации полей перемещений при увеличении отношения полуосей образующего эллипса наблюдается неточность в перемещении оболочки как твердого тела и несоответствие (несимметричность) в напряжениях

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации соответствует заявленной специальности 05.23.17 – строительная механика по следующим пунктам:

- п. 1 общие принципы расчета сооружений и их элементов;
- п. 2 линейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

В автореферате кратко изложено основное содержание разделов диссертации. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также п. 25 Положения о присуждении ученых степеней.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Личный вклад соискателя заключается в:

- разработке расчетной модели и методики расчета методом конечных элементов, проведении расчетов и сравнительном анализе напряженно-деформированного состояний эллиптических цилиндров с различными граничными условиями опирания и типов нагрузок, с различными вариантами алгоритмов расчета;
- разработке методики тонких оболочек с учетом и без учета деформаций сдвига поперечного сечения оболочки;
- проведении исследований сходимости предложенных расчетных моделей;
- решении и численном анализе ряда практических задач:
- проведены расчеты и исследование сходимости результатов расчета эллиптических цилиндров с скалярной и векторной аппроксимацией полей перемещений конечного элемента;
- проведены расчеты и исследование сходимости результатов расчета эллиптических цилиндров с учетом и без учета деформаций сдвига поперечного сечения оболочки на различные типы нагрузок и при различных условиях опирания;
- сделаны выводы о необходимости использования векторной аппроксимации перемещений конечных элементов и учета деформаций сдвига поперечных сечений при расчете эллиптических цилиндров.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректными математическими формулировками поставленных задач, использованием строгих и апробированных математических моделей строительной механики, исследованиями сходимости вычислительного процесса разработанной модели МКЭ, хорошим совпадением решений тестовых задач с соответствующими аналитическими и численными решениями.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

1. Разработаны алгоритмы расчета НДС тонких оболочек с учетом и без учета деформаций сдвига поперечного сечения оболочек методом конечных

элементов на основе скалярного и векторного аппроксимаций полей перемещений конечного элемента.

2. Показана быстрая сходимость и надежность разработанного алгоритма МКЭ на основе векторной аппроксимации полей перемещений.

3. Показана необходимость учета деформаций сдвига поперечного сечения оболочек

4. Предложенная методика и программы могут использоваться в расчетной практике проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций в реальном проектировании элементов тонкостенных конструкций.

4. Использование МКЭ в учебном процессе в курсах строительной механики и расчета оболочек.

Новизна полученных результатов

Соискателем разработаны методика и алгоритмы расчета НДС тонких эллиптических цилиндров с учетом и без учета деформаций сдвига поперечного сечения методом конечных элементов с скалярной и векторной аппроксимациями полей перемещений. Проведены расчеты и анализ НДС эллиптических цилиндров с различными условиями опирания и на различные типы нагрузок, исследована сходимость разработанных алгоритмов. На основе проведенных расчетов показана надежность метода векторной аппроксимации и необходимость учета деформаций сдвига поперечного сечения оболочки.

Замечания по диссертационной работе

1. На рисунках (2.7, 2.8 и др.) отсеков эллиптических цилиндров на гранях, учитывающих условия симметрии, показаны только условные опоры в касательной плоскости. Но не эти опоры не учитывают равенства нулю угловых перемещений. Для свободных граней в плоскости симметрии реализуется скользящая заделка, для опорных граней (в нормальной плоскости) в плоскости симметрии реализуется практически заделка.

2. Не четко сформулирована задача примера 3.4 – консольный отсек $\frac{1}{4}$ эллиптического цилиндра. В частности, неясно о каких плоскостях симметрии идет речь.

3. В диссертации приведены расчеты только эллиптических (круговых) цилиндров. Желательно реализовать аналогичные подходы для оболочек более общего вида.

4. В таблицах 4.3, 4.4 неверно указана жесткость пружины в последней графе 0,02 (10^2 Н/м), она не соответствует смещению оболочки как твердого тела 20 см. Эта жесткость (не соответствующая перемещению) указана и в некоторых других примерах.

Указанные замечания не снижают общей ценности работы.

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10

В соответствии с требованиями по п. 10 «Положение о присуждении ученых степеней» диссертация Ищанова Тлека Рахметоловича написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Диссертация содержит рекомендации по использованию научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Диссертация Ищанова Тлека Рахметоловича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач определения напряженно-деформированного состояния тонких эллиптических цилиндров с учетом деформаций сдвига поперечного сечения оболочки с произвольными условиями опирания на действие различных типов нагрузок, имеющих существенное значение для строительной механики тонкостенных конструкций, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Ищанов Тлек Рахметолович заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Заключение рассмотрено на заседании департамента строительства инженерной академии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов».

По результатам обсуждения диссертации сформулировано положительное заключение. Присутствовало на заседании 38 человек, из них 6 докторов наук.

Протокол № 4 от «08» ноября 2018 г. Проголосовали единогласно.


Заключение составлено:

Иванов Вячеслав Николаевич, доктор технических наук, профессор, департамент строительства Инженерной академии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», диссертация защищена по специальности

05.23.17 – Строительная механика.

Тел. (495)-955-07-49,

E-mail: i.v.ivn@mail.ru


08.11.2018

В.Н. Иванов

Директор департамента строительства
Инженерной академии РУДН



В.В. Галишникова

Подписи Вячеслава Николаевича Иванова и
Веры Владимировны Галишниковой заверяю.

Первый заместитель – заместитель по научной
работе директора Инженерной академии РУДН

08.11.2018

 С.А. Кумреев





**Российский университет
дружбы народов (РУДН)**

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

25 октября 2018
№ 2022-10-26/151

Волгоградский государственный
технический университет
Председателю диссертационного совета Д
212.028.10
С.Ю. Калашникову

Уважаемый Сергей Юрьевич!

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» дает свое согласие выступить в качестве ведущей организации по диссертации Ищанова Тлека Рахметоловича «Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с учетом поперечного сдвига при различных вариантах аппроксимации угловых перемещений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17. – Строительная механика.

Сведения о ведущей организации

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	117198, ЮЗАО, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
Web-сайт	http://www.rudn.ru
Телефон	(495) 434-70-27
Адрес электронной почты	rudn@rudn.ru

Список основных научных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Galishnikova V.V., PahlP.Ja. Analysis of frame buckling without sidesway classification // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 4. С. 299-312.
2. Галишникова В.В., Грановский А.В., Берестенко Е.И. Перспективы применения арматурных сеток на основе базальтового волокна в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 59-63.
3. Галишникова В.В., Хейдари А. Аналитический обзор теорем о предельной нагрузке и приспособляемости в упруго-пластическом расчете стальных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 3. С. 3-18.
4. Галишникова В.В., Хейдари А. Факторы, влияющие на критическую нагрузку и распространение местной потери устойчивости сетчатых оболочек // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2013. № 1. С. 118.
5. Кривошапко С.Н. Применение, геометрические и прочностные исследования торсовых оболочек. Обзор работ, опубликованных после 2008 г. // Строительная механика и расчет сооружений. 2018. № 2 (277). С. 19-25.
6. Кривошапко С.Н., Иванов В.Н. Псевдосферические оболочки в строительной индустрии // Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 32-40.
7. Кривошапко С.Н. Два вида расчетных уравнений для оболочек в произвольных криволинейных координатах // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2017. № 1. С. 15-22.
8. Кривошапко С.Н. К вопросу о применении параболических оболочек вращения в строительстве в 2000-2017 годах // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2017. № 4. С. 4-14.
9. Кривошапко С.Н. Применение коноида и цилиндроида при формообразовании зданий и сооружений оболочечного типа // Строительство и реконструкция. 2017. № 5 (73). С. 34-44.
10. Кривошапко С.Н. Металлические ребристо-кольцевые и сетчато-стержневые оболочки XIX - первой половины XX-го веков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 6. С. 4-15.
11. Иванов В.Н. Формообразование поверхностей на заданных криволинейных планах // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2017. № 3. С. 3-8.
12. Иванов В.Н., Валенсия Р.Э.Г. Тонкостенные пространственные конструкции на основе поверхностей иоакимсталя // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2016. № 2. С. 15-21.
13. Иванов В.Н., Шмелева А.А. Геометрия и формообразование тонкостенных пространственных конструкций на основе нормальных циклических поверхностей // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2016. № 6. С. 3-8.
14. Иванов В.Н., Рынкoвская М.И. Применение циклических поверхностей в архитектуре зданий, конструкций и изделий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия:

Инженерные исследования. 2015. № 3. С. 111-119.

15. Иванов В.Н. Линейчатые поверхности на заданных опорных кривых // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2015. № 3. С. 9-17.

16. Иванов В.Н., Кушнарченко И.В. Подкрепления в вариационно-разностном методе расчета оболочек сложной формы // Вестник МГСУ. 2014. № 5. С. 25-34.

17. Иванов В.Н., Кушнарченко И.В. Расчет подкрепленных пластинок с помощью вариационно-разностного метода (ВРМ), предназначенного для расчета тонкостенных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 3 (254). С. 43-49.

Первый проректор – проректор по
научной работе ФГАОУ ВО
«Российский университет дружбы народов»
доктор философских наук, профессор
(495) 434-70-27



Кирабаев
Нур Серикович

Директор департамента строительства
Инженерной академии РУДН,
доктор технических наук, доцент
(495) 952-08-29

Галишникова
Вера Владимировна

Исполнитель
доктор технических наук,
профессор департамента строительства
Инженерной академии РУДН
(495) 952-08-29

Иванов
Вячеслав Николаевич