

О Т З Ы В

на автореферат 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.

Диссертационная работа Ищанова Т.Р. посвящена вопросам исследования напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига на основании векторной аппроксимации полей перемещений. Построение простых и достаточно надежных прикладных методов расчета представляет собой одну из наиболее *актуальных* проблем строительной механики оболочечных конструкций, т.к. такого рода конструкции нашли широкое применение в различных областях промышленного и гражданского строительства.

Достоверность и обоснованность научных положений подтверждается математически корректной постановкой задачи, базирующейся на законах механики деформируемого твердого тела, использованием строгих математических и численных методов решения задач, а также соответствием полученных численных результатов результатам других авторов, проверкой статических условий равновесия рассматриваемых конструкций.

Научная новизна исследования и полученных результатов заключается в разработке для расчета тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига алгоритма формирования матриц жесткостей четырехугольных конечных элементов при отсчете угла поворота нормали от ее исходного и деформированного состояния на основании векторной конечно-элементной интерполяционной процедуры.

В качестве *замечания* можно отметить следующее: в автореферате не приводятся примеры сравнения полученных автором результатов с результатами других авторов.

Указанное замечание не снижает значимости диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Т.Р. Ищанова «Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с учетом

поперечного сдвига при различных вариантах аппроксимации угловых перемещений» соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013г, требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, **Ищанов Тлек Рахметолович**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17. – Строительная механика.

Профессор кафедры «Теоретической механики и сопротивления материалов»
Института химического и нефтяного машиноведения
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
доктор физ.-мат. наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

тел.: +7 (843) 231-41-18

e-mail: x_farid@mail.ru

Адрес: Российская Федерация, Республика Татарстан,
420015, Казань, ул. К. Маркса, 68,

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Handwritten signature

Хайруллин
Фарид Сагитович

«12» 11 2018 г.



Handwritten signature: Хайруллин Ф.

удостоверяется.

О.А. Перельгина

О.А. Перельгина

11 20 18

ОТЗЫВ

на автореферат 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.

В процессе эксплуатации конструкции подвергаются воздействию различных внешних и внутренних факторов и сред. Возникает необходимость совершенствования методов расчета и программных комплексов. Особенно актуальны эти вопросы для оболочечных конструкций сложной геометрии, когда надежность расчета гарантирует работоспособность конструкции. Рассматриваемая тема имеет прикладное значение.

Для расчета некоторых оболочек возникает необходимость учета деформации поперечного сдвига, допускающих жесткие смещения под действием заданной нагрузки. Работа посвящена совершенствованию конечно-элементного метода расчета тонкостенных конструкций с учетом поперечного сдвига.

Рассматриваются различные варианты аппроксимации угловых перемещений, на базе которых разрабатываются алгоритмы расчета. Рассмотрены конкретные расчеты напряженно-деформированного состояния различных оболочек.

Результаты диссертации представлены на различных конференциях, а также опубликованы в статьях.

Судя по автореферату, представленная работа, является важным научным исследованием, соответствует специальности 05.23.17 и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор, Ищанов Тлек Рахметолович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по данной специальности.

Зав. лаб. нелинейной механики оболочек
Института механики и машиностроения ФИЦ Казанского
научного центра РАН, доктор технических наук
по специальности 05.23.17 – Строительная механика, профессор
e-mail: yzsrr@kfti.knc.ru
Тел.: +7(843) 272-42-45

Якупов Нух Махмудович

Н. с. лаб. нелинейной механики оболочек
Института механики и машиностроения ФИЦ Казанского
научного центра РАН, кандидат технических наук
по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела
e-mail: true_way@mail.ru
Тел.: +7(843) 231-91-15

Гиниятуллин Ришат Рашидович

Адрес: 420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/3

21.11.2018



Собственноручную подпись

закрываю.

Будущий специалист по кадрам

ИММ – обособленного структурного подразделения ФИЦ Казань РАН

Г.В. Саввакина

ОТЗЫВ

на автореферат 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

В диссертационной работе Т.Р. Ищанова рассматриваются вопросы конечно-элементного расчета оболочечных конструкций с учетом деформаций сдвига. Совершенствование методов прочностного анализа оболочек является одним из важных направлений строительной механики. Широко применяемая в настоящее время теория Кирхгофа-Лява не учитывает влияние поперечных сил на напряженно-деформированное состояние тонкостенных конструкций, поэтому учет деформаций сдвига является актуальной задачей.

В диссертации Т.Р. Ищанова представлен вывод геометрических уравнений тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига при различных вариантах отсчета угла поворота нормали, рассмотрены вопросы формирования матриц жесткостей четырехугольных конечных элементов для расчета оболочек с учетом деформации поперечного сдвига при использовании скалярной и векторной форм аппроксимаций полей перемещений, разработан алгоритм формирования матриц жесткостей четырехугольных конечных элементов при общепринятом и альтернативном отсчете угла поворота нормали.

В отличие от большинства существующих МКЭ комплексов, где оболочечные конструкции моделируются плоскими конечными элементами, автор рассматривает криволинейные элементы и использует криволинейную систему координат, что является несомненным достоинством работы.

По автореферату и диссертации имеются следующие замечания:

1. В диссертации на стр. 29 приводятся физические уравнения для изотропных оболочек, однако учет деформаций сдвига более актуален для анизотропных композитных материалов с низким модулем сдвига.
2. При интегрировании по толщине оболочки (формула (2.60) в диссертации) автор использует численное интегрирование по формуле Симпсона, однако подынтегральное выражение достаточно простое, и результат можно было получить аналитически при помощи инструментов символьного вычисления, например Matlab или Mathcad. Это положительно отразилось бы на скорости работы расчетной программы.

3. Автор приводит сравнение результатов, полученных им на основе скалярной и векторной интерполяции (рис. 2 и рис. 3 автореферата), однако хотелось бы увидеть сравнение с независимым решением других авторов, либо другим методом или с использованием готовых конечно-элементных пакетов.

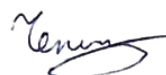
4. Возникает вопрос о целесообразности включения в вектор неизвестных вторых производных перемещений. Используемый конечный элемент имеет в итоге 18 степеней свободы в узле. Возможно, достаточно было ограничиться первыми производными перемещений. Также при таком большом порядке матрицы жесткости (72x72) дискуссионным является вопрос об использовании вместо оболочечных элементов объемных КЭ без упрощающих гипотез.

В целом диссертационная работа выполнена на высоком научно - техническом уровне, имеет научную и практическую ценность и представляет собой законченное исследование.

Диссертационная работа отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Ищанов Тлек Рахметолович, на мой взгляд, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Кандидат технических наук (05.23.17 –
Строительная механика), доцент кафедры
«Сопротивление материалов» Федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Донской
государственный технический университет»
Чепурненко Антон Сергеевич

344022, г. Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162
Тел.: +7(918)571-87-38
e-mail: anton_chepurnenk@mail.ru

 А.С. ЧЕПУРНЕНКО

Подпись руки доцента каф. «Сопротивления
материалов» А.С. Чепурненко удостоверяю:
Учёный секретарь Донского государственного
технического университета

20.11.18



Владимир Николаевич
АНИСИМОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», 344000, Ростов-на-Дону, Площадь Гагарина, 1, тел.: (800)100-19-30, www.donstu.ru, e-mail: reception@donstu.ru

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Ищанова Тлека Рахметоловича
на тему: "Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного со-
стояния тонких оболочек с учетом поперечного сдвига при различных вари-
антах аппроксимации угловых перемещений" на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная
механика**

Область применения оболочечных конструкций весьма обширна, это промышленное и гражданское строительство, машиностроение, судостроение, авиастроение. Такие оболочечные системы применяются в виде корпусов кораблей, конструкций типа реакторов, гидротехнических сооружений, аппаратов нефтяной, газовой и химической промышленности. В процессе эксплуатации оболочки подвергаются воздействию внутренних и внешних силовых факторов, поэтому расчеты на прочность и их совершенствование выходят на первый план.

Научную новизну диссертации Ищанова Тлека Рахметоловича, в первую очередь, составляют следующие основные положения: Разработан алгоритм формирования матриц жесткостей четырехугольных конечных элементов при общем и альтернативном 7 отсчете угла поворота нормали для расчета тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига на основании векторной конечно-элементной интерполяционной процедуры. 4. Выполнен численный анализ НДС оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига при различных вариантах отсчета угла наклона нормали в процессе деформирования с использованием скалярной аппроксимации перемещений, показавший преимущества альтернативного способа отсчета угла поворота нормали. 5. Выполнен численный анализ НДС оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига при различных вариантах отсчета угла наклона нормали в процессе деформирования при использовании векторной аппроксимации полей.

Практическая значимость исследовательской работы заключается в разработке алгоритмов и компьютерных программ для расчета на прочность тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига, которые могут быть использованы проектными, научно-исследовательскими и эксплуатационными организациями при анализе НДС элементов сооружений, моделируемых оболочками различной конфигурации при произвольном характере воздействий и условий закрепления на границах.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается математической обоснованностью вывода основных геометрических соотношений, кор-

ректной математической постановкой задач с использованием векторного и тензорного анализа, геометрических соотношений оболочек, относящихся к классу тонких, дифференциальной геометрии, положений теории интерполяции искомых величин, соответствием качественных результатов расчета физической картине исследуемых процессов, совпадением количественных результатов, полученных при использовании разработанных 9 алгоритмов, с результатами исследований других авторов, результатами, полученными по аналитическим формулам.

Результаты исследований достаточно широко опубликованы в открытой печати. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.23.17 – Строительная механика, в частности, пункту 2 «Линейная и нелинейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их 8 расчета» и пункту 4 «Численные методы расчета сооружений и их элементов» области исследований.

По автореферату имеется следующее замечание:

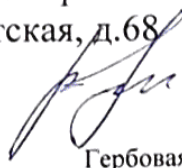
- В автореферате недостаточно количественно акцентировано повышение точности расчетов по разработанным в работе алгоритмам и не приведено какая точность достаточна для расчётов.

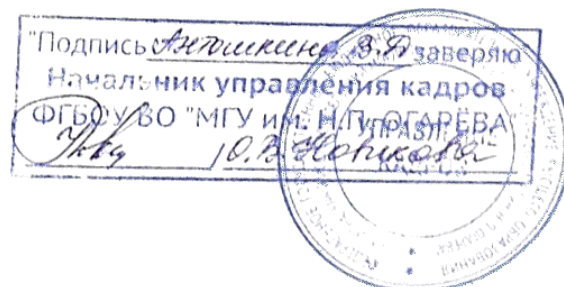
Считаю, что по актуальности, научной новизне и практической значимости рецензируемый автореферат соответствует требованиям ВАК России, а его автор - Ищанов Тлек Рахметович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика

Доктор технических наук (05.23.01
Строительные конструкции, здания и сооружения),
доцент, зав. кафедрой зданий, сооружений и автомобильных
дорог ФГБОУ ВО «Национального исследовательского
Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева,
430005. г. Саранск, ул. Большевистская, д.68
E-mail: antovd@mail/ru

Дата

30.11.2018

 / Антошкин Василий Дмитриевич/
Гербовая печать на подписи



О Т З Ы В

на автореферат 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

В диссертационной работе Ищанова Т.Р. рассмотрен алгоритм исследования напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с использованием четырехугольного конечного элемента на основании теории Тимошенко С.П. при использовании скалярной и векторной интерполяционных процедур.

Научная новизна исследования заключается в том, что на основании численного анализа напряженно-деформированного состояния оболочек показана необходимость учета деформаций поперечного сдвига при расчете короткопролетных, жестко защемленных оболочечных конструкций. Показаны преимущества предложенного варианта отсчета угла наклона нормали (угол наклона нормали отсчитывается от ее деформированного состояния) по сравнению с общепринятым вариантом (угол наклона нормали отсчитывается от ее исходного состояния) в сочетании с интерполяцией полей векторов перемещений и векторов углов поворота нормали.

Практическая значимость научной работы заключается в разработке программных модулей, которые можно использовать в инженерных и проектных расчетах конструкций и сооружений.

Замечание по работе.

В качестве примеров в основном рассматриваются цилиндрические оболочки. Было бы целесообразнее разнообразить геометрию рассматриваемых объектов.

Указанное замечание не снижает ценности диссертационной работы. Учитывая актуальность темы исследования и практическую значимость научных выводов диссертации, считаю, что она соответствует п. 9 «Положения о порядке

присуждения ученых степеней», требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ищанов Тлек Рахметолович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17. – Строительная механика.

Агапов Владимир Павлович,
профессор кафедры «Железобетонных
и каменных конструкций»
Института строительства и архитектуры
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
доктор технических наук по специальности
05.23.17 – Строительная механика, профессор
тел.: +7 (903) 783-70-34
e-mail: gbk@mgsu.ru

Владимир Павлович
Агапов

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»

« 28 » 11 2018 г.

Юришес Агапове В. П. завершено

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УРП М.А. КОВАЛЬ



О Т З Ы В

на автореферат 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.

Актуальность работы. Расчет оболочечных конструкций на основании сдвиговой теории С.П. Тимошенко более корректен и в большей степени отвечает физическому смыслу решаемой задачи, чем использование общепринятой гипотезы Кирхгофа-Лява. В этой связи задача создания усовершенствованных алгоритмов расчета тонких оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига остается весьма актуальной.

Достоверность разработанных в диссертации положений обоснована корректной математической постановкой задач с использованием векторного и тензорного анализа, дифференциальной геометрии, соответствием качественных и количественных результатов расчета физической составляющей исследуемых процессов деформирования тонких оболочек.

Научная новизна исследования и полученных результатов.

Автором разработан алгоритм прочностного расчета тонких оболочек с учетом сдвиговых деформаций при различных вариантах отсчета углов поворота нормали на основании инвариантной векторной интерполяции полей перемещений.

Практическая значимость результатов работы. Результаты диссертационной работы имеют практическую составляющую, так как были использованы в ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий». К диссертации прилагается акт внедрения.

Замечание по автореферату диссертации.

1. Из автореферата не ясно, почему в качестве одной из криволинейных координат выбран именно параметр t , а не угловая координата? Чем обусловлен выбор?

2. Судя по приведенным графикам, автор использовал при расчетах сетку с равномерно отстоящими узлами. В примере 3 отмечается, что *анализ диаграммы показывает существенно лучшую сходимость вычислительного процесса во втором варианте расчета по сравнению с первым вариантом. Для достижения аналогичного уровня точности в первом варианте требуется на порядок большее число элементов дискретизации, чем во втором варианте.* Можно ли в обоих случаях ожидать улучшение сходимости, если при фиксированном количестве узлов перераспределить их так, чтобы они образовывали более плотную сетку у границы деформируемого тела, то есть там, где достигаются большие значения напряжения деформации?

В целом, представленная к защите диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, **Ищанов Тлек Рахметолович**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.23.17. – Строительная механика.**

Заведующий кафедрой «Математического
анализа и теории функций»

Института математики и информационных технологий

ФГАОУ ВО «Волгоградский
государственный университет»

доктор физ.-мат. наук, доцент по специальности

01.01.01 – вещественный, комплексный

и функциональный анализ

тел.: +7 (844) 246-02-61

e-mail: klyachin-aa@yandex.ru

Адрес: Российская Федерация, Южный федеральный округ,

420062, г. Волгоград, пр. Университетский, 100,



ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

Клячин

Алексей Александрович



« 26 » 11 2018 г.

Подпись 
_____ заверяю
Начальник Управления кадров федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»

С.В. Максимова

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ищанова Т. Р. «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

Надежность эксплуатации и возможность внедрения новых высокоэффективных инженерных сооружений во многом зависит от точности расчетов на прочность, выполняемых на стадии проектирования. Одним из наиболее эффективных численных методов расчета конструкций является метод конечных элементов (МКЭ) благодаря его универсальности в программной реализации и возможности создания полностью автоматизированного цикла расчета. В настоящее время метод конечных элементов заложен в основу почти всех систем автоматизированного расчета конструкций во многих отраслях техники: авиастроении, судостроении, машиностроении, в промышленном и гражданском строительстве и др.

Диссертационная работа Ищанова Т. Р. посвящена созданию алгоритмов конечно-элементного анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) тонких оболочек с учетом деформации поперечного сдвига при различных вариантах отсчета угла поворота нормали, условиях закрепления и видах нагружения. Задача дальнейшего развития МКЭ с обоснованием преимущества векторной формы аппроксимаций полей перемещений по сравнению со скалярной формой является достаточно **актуальной** и представляет собой как теоретический, так и практический интерес.

В работе получены основные геометрические соотношения между деформациями и перемещениями при отсчете угла поворота нормали к срединной поверхности от ее деформированного состояния, разработан алгоритм формирования матриц жесткостей четырехугольных конечных элементов на основании скалярной и векторной конечно-элементной интерполяционной процедуры, проведен сравнительный анализ численных результатов.

Практическая ценность работы заключается в разработке пакета прикладных программ, который позволяет получить уточненное напряженно-деформированное состояние тонкостенных оболочечных конструкций и снизить их материалоемкость.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 05.23.17 – строительная механика, в частности, пункту 4 паспорта специальности: численные методы расчета сооружений и их элементов.

Замечания по содержанию автореферата:

1. В автореферате не дано сравнение представленных результатов с данными, полученными другими авторами, аналитически или с помощью других численных методов или программных комплексов.
2. В пунктах новизны (стр. 4,5) пункты 2 и 3, 4 и 5 можно было объединить, т. к. между собой они отличаются текстом лишь несколькими последними в соответствующих абзацах словосочетаниями.
3. Название диссертационной работы из 16 слов, пожалуй, длинное.

Судя по автореферату, диссертационная работа Ищанова Т. Р. по структуре и содержанию является законченным научно квалификационным трудом, в котором решена проблема создания эффективных конечно-элементных алгоритмов и на их основе пакета прикладных программ для исследования НДС тонкостенных оболочечных конструкций при различных видах закрепления и нагрузок. Работа получила достаточную апробацию, о чем свидетельствуют доклады, сделанные на 3-х научно-практических конференциях, а также список из 9 работ, опубликованных в различных изданиях, начиная с 2014 года, и 3-х свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертационная работа на тему «Конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния тонких оболочек с учетом поперечного сдвига при различных вариантах аппроксимации угловых перемещений» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ищанов Тлек Рахметолович заслуживает присуждения этой степени по специальности 05.23.17 – строительная механика.

И. о. заведующего кафедрой
строительной механики
Воронежского государственного
технического университета
доктор физико-математических наук

Bday

Козлов Владимир Анатольевич

по специальности

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

«Подпись Козлова В.А. удостоверяю»

Проректор по научной работе ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный технический университет»

доктор технических наук, профессор

[illegible]

~~И. Г. Дроздов~~

23.11.2018

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Тел.: 8(473)276-40-06, кафедра строительной механики

e-mail: vakozlov@vgasu.vrn.ru