

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шевчук Оксаны Александровны на тему: «Математическое моделирование деформированного состояния тонкостенных оболочек с помощью геометрических интерполянтов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации

Одной из важнейших проблем обеспечения безопасной эксплуатации тонкостенных оболочек инженерных сооружений является периодическая оценка их технического состояния, основанная на исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) оболочек, в течении всего периода их эксплуатации. Традиционно в процессе проектирования таких конструкций используются идеализированные геометрические формы поверхностей оболочек инженерных сооружений в виде осесимметричных поверхностей сферы, конуса, цилиндра или их комбинаций. Вместе с тем, под действием объективных и субъективных факторов в процессе монтажа и эксплуатации форма тонкостенных оболочек претерпевает ряд изменений и их поверхность становится не осесимметричной. В процессе анализа НДС это приводит к необходимости учёта конструктивной и геометрической нелинейности, что в свою очередь, приводит к значительным увеличениям временных затрат и делает существующие подходы компьютерного моделирования напряжённо-деформированного состояния тонкостенных оболочек с несовершенствами геометрической формы малоэффективными в инженерной практике. Использование инструментов многомерной интерполяции и аппроксимации для повышения быстродействия вычислений может быть весьма эффективным и востребованным. Исходя из этого, разработка и внедрение в инженерную практику методов многомерной интерполяции и аппроксимации для компьютерного моделирования НДС тонкостенных оболочек инженерных сооружений, несомненно, является важной и актуальной научной задачей.

2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- 1) тщательным анализом предметной области посредством изучения большого числа литературных источников;
- 2) корректным использованием математического аппарата точечного исчисления, основанного на инвариантах аффинной геометрии;
- 3) достаточным количеством проведенных вычислительных экспериментов по моделированию деформированного состояния проектируемых и эксплуатируемых резервуаров для хранения нефтепродуктов, их анализом и сравнением с результатами моделирования, полученными другими методами, а также с помощью программного пакета конечно-элементного анализа SCAD.

3. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка используемой литературы из 168 наименований и 2 приложений. Общий объем работы составляет 141 страницу машинописного текста, содержит 19 рисунков и 4 таблицы.

Во введении автором обоснованы актуальность темы диссертации, сформулированы цели и приведены основные решаемые задачи исследования, раскрыта научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первом разделе выполнен анализ существующих подходов к решению дифференциальных уравнений (ДУ). Обоснован выбор геометрической теории многомерной интерполяции, реализованной в точечном исчислении, в качестве основного математического аппарата для решения поставленных задач. Изложена концепция определения геометрических интерполянтов и их аналитическое описание в виде точечных уравнений и вычислительных алгоритмов на их основе.

Во втором разделе изложен метод численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов. Предложена классификация дифференциальных уравнений в зависимости от размерности

лапласиана, которая позволяет выбрать геометрический интерполянт для аппроксимации численного решения ДУ.

Помимо этого, в данном разделе разработан базовый вычислительный алгоритм численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов на регулярных и нерегулярных сетях. Кроме того, предложен оригинальный способ числовой оценки точности результатов моделирования с помощью многомерных геометрических интерполянтов, позволяющий получить числовую оценку степени соответствия численного и эталонного решений ДУ.

В третьем разделе представлены результаты вычислительных экспериментов по верификации численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов. Проводится сравнительный анализ с эталонными решениями, полученными другими известными методами. Отмечено, что полученные с помощью геометрических интерполянтов полиномиальные зависимости являются более предпочтительными по сравнению с классическим решением с точки зрения их дальнейшего использования в инженерной практике.

В четвертом разделе с помощью разработанных в предыдущих разделах инструментов проведен ряд вычислительных экспериментов по численному анализу деформированного состояния проектируемых и эксплуатируемых резервуаров для хранения нефтепродуктов. За счёт использования интерполяционных и аппроксимационных методов решения поставленной задачи соискателю удалось достичь достаточной для инженерных расчётов точности численного моделирования, повысив их быстродействие. Сравнение полученных результатов с эталонным решением демонстрирует высокую степень достоверности предложенного метода.

В результате проведенных исследований усовершенствована инженерная методика оценки технического состояния резервуара для хранения нефтепродуктов с учётом несовершенств геометрической формы от действия гидростатической нагрузки.

4. Научная новизна работы

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан базовый вычислительный алгоритм численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов на регулярных и нерегулярных сетях.
2. Предложен оригинальный способ числовой оценки точности результатов моделирования, основанный на сравнении двух решений в виде точечных множеств, полученных путём дискретизации, с помощью аналога коэффициента детерминации.
3. Усовершенствовано дифференциальное уравнение моделирования деформированного состояния упругой цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении для численного анализа деформированного состояния цилиндрического резервуара с несовершенствами геометрической формы.
4. Предложен оригинальный способ учета граничных условий дифференциальных уравнений, который заключается в параллельном переносе численного решения в нужную точку, координаты которой соответствуют граничным условиям.
5. Усовершенствована инженерная методика оценки технического состояния резервуаров для хранения нефтепродуктов с учетом несовершенств геометрической формы путем применения комплекса программ компьютерного моделирования деформированного состояния тонкостенных оболочек инженерных сооружений на основе численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов. Листинг комплекса проблемно-ориентированных программ, полученных соискателем, приведен в приложении Б.

5. Практическое и научное значение полученных результатов

Практическое значение полученных результатов заключается в усовершенствовании инженерной методики оценки технического состояния резервуаров для хранения нефтепродуктов с учетом несовершенств геометрической формы, в рамках которой был разработан комплекс программ

компьютерного моделирования деформированного состояния тонкостенных оболочек инженерных сооружений на основе численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов.

Кроме того, практическая ценность исследований подтверждается внедрением в ООО Фирма «Промстройремонт» (справка о внедрении №367 от 18.06.2021 г.) и в учебный процесс ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ» при проведении лабораторных занятий для подготовки бакалавров по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» при изучении дисциплины «Информационные технологии» (справка о внедрении №11 от 18.06.2021 г.).

Теоретическая значимость работы заключается в развитии численных методов решения дифференциальных уравнений с помощью многомерных геометрических интерполянтов; в развитии методов многомерной интерполяции и аппроксимации как универсальных инструментов математического и компьютерного моделирования; в разработке и внедрении оригинального способа числовой оценки точности результатов моделирования, который может быть использован для сравнения любых непрерывных многомерных объектов, процессов и явлений.

6. Соответствие паспорту научной специальности

Полученные результаты, положения и выводы отвечают соответствующим требованиям паспорта специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), в частности: п.2 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»; п.3 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»; п.5 «Разработка новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента или на основе анализа математических моделей»; п.8 «Комплексные исследования

научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

7. Замечания по диссертации

1. В работе отсутствует обоснование использования полиномов Бернштейна для аппроксимации численного решения дифференциальных уравнений.

2. Проведенные автором исследования ориентированы на использование гладких функций применимых для математического моделирования распределённой нагрузки. Вызывает интерес возможность использования предложенного соискателем подхода для моделирования сосредоточенных нагрузок или совместного действия распределённых и сосредоточенных нагрузок.

3. На стр. 75, 76 рассмотрены примеры численного решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в прямоугольнике. Приводятся числовые оценки результатов моделирования с помощью коэффициента детерминации, однако не показано, как получены эти оценки.

4. На стр. 91 утверждается, что «предложенное в работе [123] математически точное решение дает значительные погрешности» и, следовательно, необходимо выполнить решение численным методом. Далее, на стр. 92 приводится рис. 4.6, где дано сравнение «эталонного решения» и «математически точного решения». Возникает вопрос — что автор понимает под этими терминами? Обычно математически точное решение и есть эталон, на котором проверяются приближенные решения.

5. Предлагаемый в работе способ числовой оценки точности результатов численного решения предполагает наличие «эталонного решения». Возникает вопрос — как оценить точность численного решения, если «эталонного решения» не существует?

6. Автором приводятся значение максимальных перемещений и точное их положение по окружности резервуара (рис. 4.11), которые были получены путем решения системы двух уравнений с частными производными по параметрам u и v на интервале их изменения от 0 до 1. Однако сама система в работе не представлена.

7. В работе слабо представлены характеристики временных затрат, подтверждающие эффективность предложенного подхода.

8. Листинги комплекса проблемно-ориентированных программ лишены пояснений и комментариев, что затрудняет их дальнейшее использование в инженерной практике.

9. В тексте диссертации имеется ряд опечаток и стилистических погрешностей. В частности, неаккуратно используются термины «начальные» и «граничные» условия. Рассмотренные в диссертации задачи относятся к классу краевых (граничных) задач, начальные условия отсутствуют.

8. Заключение

Отмеченные недостатки и замечания не снижают высокого качества исследования, не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, описанные выше.

Из диссертационной работы Шевчук О.А. видно, что автор хорошо разбирается в современных тенденциях развития направлений расчета тонкостенных оболочек на прочность и жесткость, владеет достаточным набором математических методов, позволяющих квалифицированно решать поставленные в диссертационной работе задачи.

Положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертации, являются научно обоснованными, а основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в печати.

Автореферат по своему содержанию и по формулировке выводов полностью соответствует содержанию диссертационной работы. Язык, стиль изложения и оформление диссертации полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

К достоинствам работы следует также отнести достаточно подробную и интересную библиографию научных работ, на которые автор ссылается в тексте диссертации.

В целом диссертационная работа Шевчук О.А. «Математическое моделирование деформированного состояния тонкостенных оболочек с помощью

геометрических интерполянтов» является завершенной научной работой, в которой представлено решение важной научно-технической задачи развития методов многомерной интерполяции и аппроксимации как инструментов математического и компьютерного моделирования деформированного состояния тонкостенных оболочек инженерных сооружений.

В связи с вышеотмеченным, считаю, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шевчук Оксана Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки).

Официальный оппонент

профессор, доктор технических наук,
профессор кафедры «Механика и
прочность материалов и конструкций»
ФГБОУ ВО «Петербургский
государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»



Д.П. Голоскоков

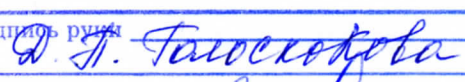
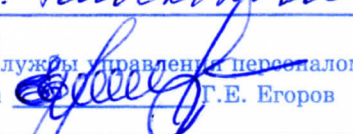
Адрес: Московский пр., д. 9,
190031, Северо-Западный федеральный
округ, г. Санкт-Петербург, Россия
тел.: +7(812) 457-86-28, +7(812) 310-42-03,
факс: +7(812) 315-26-21,
эл. почта: dpg1954@mail.ru
Сайт: <https://www.pgups.ru>

Я, Голоскоков Дмитрий Петрович, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, приведенных в этом документе

доктор технических наук, профессор



Д.П. Голоскоков

Подпись руки	
удостоверяю.	
Начальник Службы управления персоналом	
университета	Г.Е. Егоров
14	04 2023 г.

