

УТВЕРЖДАЮ:

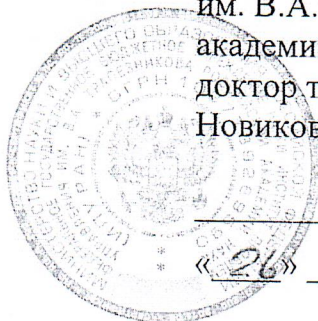
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Институт проблем управления

им. В.А. Трапезникова Российской
академии наук,

доктор технических наук, академик РАН

Новиков Дмитрий Александрович



« 26 »

04

2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации 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 для науки и практики

В современном строительстве, машиностроении, сельском хозяйстве, а также в нефтяной и газовой промышленности, широкое распространение получили конструкции в виде тонкостенных оболочек различной геометрической формы. К таким конструкциям относятся и стальные вертикальные цилиндрические резервуары, которые используют для хранения нефти и нефтепродуктов. На стенки резервуара действует целый комплекс нагрузок, включающий собственный вес конструкции, гидростатическое давление хранимой жидкости, вакуум, ветровую и снеговую нагрузки. Эти нагрузки приводят к возникновению напряжений в стенке резервуара, которая является основным местом концентрации нагрузок. Это приводит к тому, что форма тонкостенных оболочек претерпевает ряд изменений под действием объективных и субъективных факторов в процессе монтажа и эксплуатации она может значительно отличаться от проектной. Тогда при анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) тонкостенных оболочек инженерных сооружений необходимо учитывать

Государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Донецкий национальный
технический университет»
Вх. № 16 / 96
« 28 » 04 20 23 г.

геометрическую нелинейности. Имеющиеся случаи разрушения тонкостенных оболочек инженерных сооружений привели к необходимости периодического мониторинга их технического состояния в течение всего периода эксплуатации. Существующие методы обследования технического состояния не могут обеспечить достаточное для инженерных расчётов быстродействие. Исходя из вышесказанного, разработка и внедрение в инженерную практику методов многомерной интерполяции и аппроксимации для компьютерного моделирования НДС тонкостенных оболочек инженерных сооружений, является важной и актуальной научной задачей.

2. Основные научные результаты и их значимость для науки и практики

Основные научные результаты, полученные автором, заключается в следующем:

– впервые разработан базовый вычислительный алгоритм численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов на регулярных и нерегулярных сетях;

– впервые предложен способ числовой оценки точности результатов моделирования, основанный на сравнении двух решений в виде точечных множеств, полученных путём дискретизации, с помощью аналога коэффициента детерминации;

– усовершенствовано дифференциальное уравнение моделирования деформированного состояния упругой цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении для численного анализа деформированного состояния цилиндрического резервуара с несовершенствами геометрической формы и получено его численное решение с помощью геометрических интерполянтов;

– предложен нестандартный способ учета граничных условий дифференциальных уравнений, который заключается в параллельном переносе численного решения в нужную точку, координаты которой соответствуют граничным условиям.

– 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.

Практическая значимость результатов исследований заключается в усовершенствовании инженерной методики оценки технического состояния резервуаров для хранения нефтепродуктов с несовершенствами 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.

Практическая ценность работы подтверждается успешным внедрением результатов исследований при оценке деформированного состояния танка энергонакопителя в ООО Фирма «Промстройремонт» и в учебный процесс ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Все результаты внедрения подтверждены соответствующими справками, имеющимися в диссертации.

3. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Все представленные в диссертации научные положения и выводы являются в достаточной степени обоснованными и достоверными.

Обоснованность определяется широким обзором существующих подходов к моделированию тонкостенных оболочек инженерных сооружений, анализом их достоинств и недостатков. Основные результаты работы базируются на научно обоснованных методах исследования.

Достоверность подтверждается большим 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.

Наконец, обоснованность и достоверность выводов подтверждается достаточно обширной апробацией результатов исследований в научной и

профессиональной среде, в том числе⁹ на международных и республиканских научно-практических конференциях по профилю проведенных исследований. По результатам исследований соискателем опубликовано 11 научных трудов, в том числе, в том числе 7 – в рецензируемых научных журналах (6 – по специальности 1.2.2), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук в Российской Федерации и Донецкой Народной Республики; 4 – по материалам научных конференций, среди которых 3 – в изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе Scopus.

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационного исследования имеют широкий спектр применения в различных областях науки и техники. Ценность работы заключается в целесообразности использования фактических результатов исследования в практической и научно-исследовательской деятельности.

Разработанные методы многомерной интерполяции и аппроксимации применимы в инженерной практике для компьютерного моделирования НДС тонкостенных оболочек инженерных сооружений под действием различных видов нагрузок (например, ветровая нагрузка, снеговая нагрузка, нагрузка от собственного веса конструкции и т.п.). Они позволяют решить задачу по обследованию резервуаров и выявлению возможных причин аварий.

В частности, методика оценки технического состояния резервуаров для хранения нефтепродуктов с учетом несовершенств геометрической формы позволяет при необходимости весьма легко перейти к напряжениям. Особенностью предложенной методики является то, что модель с помощью интерполяционных и аппроксимационных методов достаточно просто описывается дифференциальным уравнением 4-го порядка, которое имеет простое численное решение в виде полинома 6-й степени. При этом отсутствует необходимость выполнять долгие и сложные расчеты по моделированию тонкостенных оболочек с учетом как геометрической, так и конструктивной нелинейности.

Целесообразным является дальнейшее развитие исследований по проблематике диссертационной работы в направлении моделирования и численного анализа деформированного состояния цилиндрического резервуара с

несовершенствами геометрической формы со стенками переменной толщины, а также проведение вычислительных экспериментов с другими видами нагрузок.

5. Замечания по диссертации

1. Представленный в третьем разделе метод численного решения дифференциальных уравнений рассмотрен в сравнении только с методом Фурье (методом разделения переменных), хотя имеется множество других численных методов решения. Каковы преимущества предложенного метода численного решения по сравнению с существующими аналогами?

2. На стр. 109, 110 утверждается, что «удалось достичь достаточной для инженерных расчётов точности численного моделирования» путем расчёта массива, состоящего из 12-ти численных решений дифференциальных уравнений, определяющих 12-ть направляющих линий поверхности отклика, при этом «при необходимости количество направляющих линий поверхности отклика может быть значительно увеличено для достижения большей точности инженерных расчётов». Как конкретно можно оценить точность таких инженерных расчётов?

3. Комплекс разработанных в работе программ представлен не в виде единого программного продукта, а в виде набора отдельных модулей для проведения вычислительных экспериментов в системе компьютерной алгебры Maple. При этом отсутствует визуальный интерфейс пользователя и инструкция по применению этих отдельных моделей, что затрудняет внедрение результатов исследований в инженерной практике.

4. В тексте диссертации имеется ряд опечаток и стилистических погрешностей. В частности, допущена ошибка в фамилии одного из авторов энергетической теории: не Мизера, а Мизеса.

6. Заключение

Диссертационная работа является завершённой научно-исследовательской работой, содержащей важные теоретические и практические положения, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), 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).

Отзыв ведущей организации обсужден и одобрен на заседании семинара лаборатории 18 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, протокол № 12/23 от «20» апреля 2023 года.

Заведующий лабораторией 18
ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова Российской
академии наук,
д-р техн. наук, профессор

А.В. Толоч

Адрес: ул. Профсоюзная, 65, 117997, г. Москва, Россия
тел.: +7(495) 334-89-10; факс: +7(495) 334-93-40;
эл. почта: dan@ipu.ru; сайт: <https://www.ipu.ru>

Я, Толоч Алексей Вячеславович, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, приведенных в этом документе

20.04.2023 г.

А.В. Толоч

Подпись

ЗАВЕРЯЮ

БЕД, ИНЖЕНЕР
ГОРДЕЕВА Ю.Ю.