

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Крысько Александры Анатольевны на тему «Геометрическое и компьютерное моделирование эксплуатируемых конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения и 05.01.01 – инженерная геометрия и компьютерная графика.

### **Актуальность избранной темы.**

При проектировании конструкции тонкостенной оболочки инженерного сооружения задаются ее формой и размерами. В процессе производства и эксплуатации сооружение вследствие воздействия на него различных факторов изменяет свою геометрическую форму и отличается от конструкции, заданной проектом. Это приводит к тому, что конструкция будет работать иначе, чем предполагалось расчетом, или перестанет удовлетворять требованиям эксплуатации. Для определения технического состояния оболочки инженерного сооружения с учетом искаженной геометрии необходима геометрическая модель действительной поверхности такой конструкции. Поэтому геометрическое и компьютерное моделирование несовершенств геометрической формы тонкостенной оболочки и дальнейшее изучение влияния таких несовершенств на напряженно-деформированное состояние всей конструкции, можно считать актуальной научно-практической задачей.

Основные исследования по этой тематике проводились с использованием методов моделирования, не дающих возможности аналитически описать поверхность стенки оболочки с учётом общих и местных несовершенств геометрической формы. Для решения этой задачи автор использовал БН-исчисление (точечное исчисление Балюбы-Найдыша), на основе которого разработал универсальный геометрический и компьютерный алгоритм



моделирования действительной поверхности стенки резервуара с учётом как общих, так и местных несовершенств геометрической формы, что позволяет использовать вычислительные возможности современной компьютерной техники для численного исследования и анализа напряженно-деформированного состояния стальных вертикальных цилиндрических резервуаров с учётом несовершенств геометрической формы при совместном действии нагрузок на весь резервуар в целом.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

При выполнении диссертационной работы автор провел анализ научных исследований по данной тематике, изучил практический опыт, накопленный учеными в области исследования влияния несовершенств геометрической формы на работу тонкостенных конструкций. На основании универсального геометрического и компьютерного алгоритма моделирования действительной поверхности стенки резервуара автор разработал модели стенки для резервуаров различных объемов и сравнил результаты расчета напряженно-деформированного состояния с результатами, полученными другими авторами.

Диссертация состоит из введения, 5 разделов основной части, выводов и списка использованной литературы, состоящего из 153 наименований, содержит 37 рисунков и 29 таблиц и 4 приложения и изложена на 193 страницах.

Первый раздел посвящен анализу литературных источников и нормативных документов по теме выбранной соискателем. В разделе выполнен анализ несовершенств геометрической формы конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений, рассмотрены существующие способы моделирования этих несовершенств и методы учета влияния геометрических несовершенств на напряженно-деформированное состояние конструкций. Для моделирования действительной поверхности тонкостенных оболочек инженерных сооружений предложен аппарат БН-исчисления.



Второй раздел полностью посвящен разработке алгоритмов моделирования поверхностей тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учетом несовершенств геометрической формы в БН-исчислении. Автор исследовал способы аналитического определения дуг обвода первого порядка гладкости на основе геометрических схем их конструирования в БН-исчислении и установил, что наиболее универсальными из них являются дуги кривой Безье второго и третьего порядков. Также подробно рассмотрены теоретические основы геометрического моделирования выпуклых обводов, исследованы способы стыковки дуг обвода по первому порядку гладкости на первом и последнем участках, исследовано влияние длин касательных на форму и кривизну замкнутого обвода, что позволило автору разработать или усовершенствовать некоторые алгоритмы моделирования выпуклых обводов первого порядка гладкости, предназначенные для решения задач геометрического моделирования незакономерных поверхностей.

Получена геометрическая и компьютерная модель поверхности стенки резервуара с несовершенствами на основе четырёх опорных контуров, что является основой для численного расчёта и анализа напряженно-деформированного состояния резервуаров на основе промеров отклонений стенки от четырёх вертикальных образующих. Разработан геометрический и компьютерный алгоритм моделирования действительной поверхности стенки резервуара.

В третьем разделе описана разработка комплекса программ, реализованных в системе Maple и в среде VBA, которые базируются на упомянутом выше алгоритме и предназначены для компьютерного моделирования поверхности стенки резервуара с учетом несовершенств геометрической формы. Автором рассмотрены способы обследования резервуаров, т.е. получения исходной информации для создания компьютерной модели, и разработан расчетный алгоритм обработки данных, позволяющий удалить избыточную информацию и создать сетку необходимой плотности из гиперколичественного множества точек, полученного методом наземного лазерного сканирования. Обоснована необходимость использования поэтапной



схемы нагружения резервуара гидростатической нагрузкой которая была реализована при исследовании напряженно-деформированного состояния резервуара с несовершенствами.

Четвертый раздел посвящен верификации полученных моделей и исследованию напряженно-деформированного состояния целого ряда резервуаров различного объема с учетом местных несовершенств геометрической формы.

В пятом разделе, на основании результатов исследований отраженных в предыдущих разделах, автором была разработана инженерная методика численного исследования напряженно-деформированного состояния стального резервуара находящегося в эксплуатации, которая позволяет не только аналитически описывать действительную поверхность оболочки на основе дискретного массива точек, полученного любым способом, в том числе и наземным лазерным сканированием, и исследовать её под действием различных нагрузок, но и выполнять компьютерное моделирование изменений действительной поверхности оболочки при проведении предполагаемых мер по усилению стенки резервуара.

Выводы по работе в полной мере конкретизируют результаты, полученные автором при решении поставленной научной задачи.

Содержание работы свидетельствует о её целостности и включает все необходимые стадии – от формулирования темы исследования до внедрения полученных результатов исследований в инженерную практику. Текст диссертации написан с применением научного стиля изложения материала и достаточно иллюстрирован. Структура диссертации и последовательность изложения материала оправданы логикой исследования.

Содержание автореферата отражает содержание диссертации, а сам автореферат позволяет получить достаточно полное представление о направленности, смысловом наполнении и результатах выполненной диссертационной работы.



## **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.**

В работе автора ставится и решается задача разработки аналитического описания действительной поверхности тонкостенной оболочки технической формы. Такой подход относится к методам непрерывной геометрии и является альтернативным по отношению к дискретным методам. Одним из преимуществ используемого метода, является то, что в результате получается непрерывная криволинейная поверхность, заданная с помощью параметрических уравнений, что позволяет легко управлять формой полученной поверхности.

Комплексный подход к численному моделированию и анализу влияния несовершенств геометрической формы на напряженно-деформированное состояние стального вертикального цилиндрического резервуара, отраженный в диссертации, включает все необходимые этапы, начиная с момента сбора геометрической информации с помощью традиционных и инновационных измерительных приборов и адаптации исходных данных, необходимых для построения компьютерной модели вертикального цилиндрического резервуара, и заканчивая, непосредственно, численным расчётом напряженно-деформированного состояния конструкций, а также анализом полученных результатов исследований.

Инженерная методика численного исследования напряжённо-деформированного состояния стального вертикального цилиндрического резервуара находящегося в эксплуатации, разработанная автором, позволяет на основании геометрических обмеров с помощью средств компьютерного моделирования оценить техническое состояние резервуара для хранения нефтепродуктов с учётом несовершенств геометрической формы, спрогнозировать поведение стенки резервуара при дальнейшем развитии несовершенств и обосновать необходимость проведения работ по ликвидации влияния данных несовершенств геометрической формы.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается практическим внедрением и сопоставлением полученных



результатов с теоретическими и практическими результатами, полученными другими исследователями.

Научная новизна полученных результатов состоит, прежде всего, в разработке универсального геометрического и компьютерного алгоритма моделирования действительной поверхности стенки резервуара; расчетного алгоритма обработки данных, позволяющего удалить избыточную информацию и создать сетку необходимой плотности из гиперколичественного множества точек, полученного методом наземного лазерного сканирования при обследовании резервуара; поэтапной схемы нагружения резервуара гидростатической нагрузкой, позволяющей учесть не только геометрическую, но и конструктивную нелинейность при определении напряженно-деформированного состояния; инженерной методики численного исследования напряжённо-деформированного состояния стального вертикального цилиндрического резервуара, находящегося в эксплуатации.

### **Замечания**

1. В первом разделе работы присутствует анализ некоторых методов моделирования и аналитического описания тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы, после чего перечисляются преимущества БН-исчисления и делается его выбор в качестве аппарата для решения задачи, но для ее решения можно применить и другие методы геометрического моделирования. Следовало бы дополнительно проанализировать другие геометрические методы решения поставленной задачи, тогда выбор БН-исчисления как аппарата геометрического моделирования был бы более обоснованным.

2. Автор в описании научной новизны, в выводах ко второму разделу и в общих выводах по работе упоминает о том, что для моделирования составной поверхности оболочки им использован «Метод подвижного симплекса». При этом в работе нигде не описывается, как этот метод применяется для геометрического моделирования тонкостенных оболочек нелинейной формы.



3. Геометрическая модель поверхности оболочки незакономерной формы, полученная в работе автором, основана на построении выпуклых обводов первого порядка гладкости. Автор в выводах ко второму разделу указывает, что им «Разработаны и усовершенствованы 10 алгоритмов моделирования выпуклых обводов...». Тем не менее, из текста работы не ясно какие из этих алгоритмов разработаны лично автором, а какие были им усовершенствованы, в каком именно усовершенствовании они нуждались и в чём смысл предложенного усовершенствования?

Автору следовало бы привести результаты компьютерной реализации и применения рассмотренных в работе алгоритмов, чтобы можно было убедиться в обоснованности заявленных свойств, которыми обладает каждый конкретный алгоритм.

4. В работе отсутствует описание программной реализации и апробации предложенного автором алгоритма удаления избыточной информации из гиперколичественного множества точек, полученного в результате действия наземного лазерного сканера.

Однако, приведенные замечания имеют частный характер, не снижают высокий научный уровень диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку.

### **Общие выводы**

По актуальности и содержанию, характеру фактического материала, степени его качественного и количественного анализа, уровню новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, общему объему и качеству оформления диссертационная работа Крысько Александры Анатольевны «Геометрическое и компьютерное моделирование эксплуатируемых конструкций тонкостенных оболочек инженерных сооружений с учётом несовершенств геометрической формы», отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней МОН ДНР, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по



специальностям 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения и 05.01.01 – инженерная геометрия и компьютерная графика.

Настоящим я, Карабчевский Виталий Владиславович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент  
кандидат технических наук,  
доцент, заведующий кафедрой  
компьютерного моделирования  
и дизайна, ГОУ ВПО «Донецкий  
национальный технический университет»,  
283001, г. Донецк, ул. Артема, 58,  
+38 (062) 301-08-51,  
E-mail: donntu.info@mail.ru



Карабчевский В.В.

Подпись кандидата технических наук,  
доцента Карабчевского Виталия  
Владиславовича заверяю  
Ученый секретарь ГОУ ВПО «Донецкий  
национальный технический университет»



Волкова О.Г.