

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Акулича Владимира Юрьевича

на тему **«Напряженно-деформированное состояние и устойчивость равновесия цилиндрических оболочек при упругих и упруго-пластических деформациях, в том числе взаимодействующих с окружающим основанием, с учетом изменения расчетной модели во времени»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Актуальность темы исследования

Диссертация Акулича Владимира Юрьевича посвящена развитию методов расчета системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» при упругих и упругопластических деформациях. Выбор данного направления исследований имеет хорошие перспективы, так как имеет непосредственное отношение к строительству подземных сооружений и кругу важнейших задач, возникающих в процессе их возведения, необходимость анализа работы подобных систем все чаще встречается в различных областях строительства.

Учет различного вида нелинейностей при рассмотрении напряженно-деформированного состояния оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием, позволяет уточнить работу как типовых конструкций, так и точнее описывать поведение новых конструктивных разработок.

Моделирование последовательности возведения конструкций оболочек, позволяющее учитывать накопление напряжений и деформаций в конструкциях на протяжении всего процесса строительства, изучено в настоящее время недостаточно полно.

В этой связи актуальность задач, поставленных автором в настоящем диссертационном исследовании, не вызывает сомнения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертации, основываются на корректном использовании научных методов и глубоком анализе значительного числа отечественных и зарубежных работ по теории оболочек, методу конечных элементов, теории пластического течения и др.

Обоснованность положений и выводов данной работы определяется корректным применением метода конечных элементов в перемещениях с использованием верифицированных программных комплексов MSC Patran – Nastran и ANSYS.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных автором, подтверждается корректным использованием основных положений строительной механики, соблюдением основных принципов математического моделирования и адекватностью расчетных данных.

Научная новизна результатов диссертации:

1. Разработаны и реализованы методики, базирующиеся на расчетных моделях в пространственной постановке, для определения напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием, с использованием двух способов учета зазора между оболочкой и основанием, в том числе с односторонним контактным взаимодействием. Модель материала основания принята упругопластической. Дана оценка разработанных расчетных моделей и проведено сравнение с известным обобщенным полуэмпирическим методом.

2 Разработана методика, основывающаяся на пространственных расчетных моделях системы «цилиндрическая оболочка – окружающая основание», изменяющихся во времени, позволяющих учесть разное количество этапов возведения оболочек. Проведены расчеты некоторых цилиндрических оболочек, взаимодействующих с основанием, без учета и с учетом последовательности возведения объектов. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов.

3. Получены критические нагрузки и формы потери устойчивости цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием. Задача рассмотрена в нескольких постановках при различных моделях материала как оболочки, так и основания. Проанализированы полученные критические нагрузки.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в разработанных методиках и алгоритмах, основанных на пространственных расчетных моделях системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание», позволяющих определять напряженно-деформированное состояние данной системы, в частности осадки верхней поверхности массива основания, и решать наследственные пространственно-временные задачи в конструктивно и физически нелинейных постановках.

Практическая значимость работы – высокая. Она заключается в применении полученных автором в диссертационной работе результатов, выводов и рекомендаций при проектировании и строительстве линий метрополитена и других подземных сооружений. Использование программного комплекса PATRAN позволило автоматизировать учет строительного зазора между оболочкой и окружающим основанием при одностороннем контакте путем введения «нулевых» элементов и таким образом построить итерационный процесс, учитывающий стадии возведения оболочки во времени.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Общий объем – 273 страницы машинописного текста, включающий 134 рисунка, 19 таблиц и 24 страниц приложений. Количество источников использованной литературы – 333 наименования.

Во введении в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 приведено обоснование актуальности выбранной темы исследования, определены основные цели и задачи исследования, сформулированы научная новизна работы, её теоретическая и практическая значимость, приведены сведения об апробации результатов исследования и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведены достаточно полные общие сведения об истории развития теории оболочек, метода конечных элементов, метода конечных разностей, теории пластического течения и т.д. Выполнен полный обзор литературных источников по теме диссертационной работы и анализ состояния проблемы, на основе которого определены цель и задачи исследования.

Во второй главе описаны теоретические предпосылки исследований, проведенных в диссертационной работе. Приведены основы метода конечных элементов, теории пластического течения и др. Также рассмотрены методы решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах строительной механики, имеющие непосредственное отношение к решаемой задаче.

В третьей главе приведены результаты численного анализа напряженно-деформированного состояния системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» в линейной и нелинейной постановках, выполненные с целью определения вертикальных перемещений поверхности основания. Полученные результаты сопоставлены с

известными аналитическими полуэмпирическими методами определения вертикальных перемещения основания. По итогам сопоставления выявлена хорошая сходимость между решениями.

В данной главе также содержится практическое применение разработанной методики при проектировании и строительстве четырех перегонных тоннелей Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена. Получена хорошая сходимость между результатами численных расчетов и проводимого в процессе строительства геодезического мониторинга.

Четвертая глава посвящена методике определения напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием, в наследственной пространственно-временной постановке задачи. Расчеты проведены в физически и конструктивно нелинейных постановках с использованием модели материала Мора – Кулона для массива основания и модели материала Друкера – Прагера для цилиндрической оболочки. Автором учтено одностороннее контактное взаимодействие между оболочкой и основанием.

В пятой главе рассмотрены вопросы устойчивости равновесия цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим массивом основания. Приведены методики определения критических нагрузок и форм потери устойчивости оболочки в линейной и нелинейной постановках. Пространственные модели системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» выполнены для случая бесконечно длинной цилиндрической оболочки и для случая неоднородных физико-механических параметров окружающего основания вдоль продольной оси оболочки. Дана оценка полученным значениям критических нагрузок потери устойчивости оболочки. Необходимо отметить, что в расчетах также использованы упруго-пластические модели материала и различные условия контактного взаимодействия оболочки и основания.

В заключении представлены основные итоги проведенных исследований, которые достаточно полно отражают основные результаты выполненной работы.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

Давая положительную оценку работе в целом, можно отметить следующие недостатки:

1. К сожалению, в главе 4 не приведено сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.

2. К сожалению, автор не обосновал выбор размеров массива по отношению к диаметру оболочки, приняв расстояние от края оболочки до боковых торцов массива принято равным $L = 6D$, и расстояние от оси оболочки до верхнего и нижнего торцов массива равным $4D$.

3. Не очевидна необходимость в диссертации приводить известные уравнения теории цилиндрических оболочек (раздел 2.1), так как автор использует далее известный программный комплекс МКЭ MSC PATRAN – NASTRAN.

4. То же относится к содержанию и стилю изложения всего материала главы 2 – больше напоминающей учебное пособие по курсу строительной механики, автору следовало бы от описательного стиля перейти к конкретному обоснованию применения численных моделей МКЭ в программном комплексе к задачам, решенным в дальнейших разделах работы.

Следует отметить, что указанные замечания в целом не снижают научную ценность и значимость результатов диссертации и не влияют на ее качество.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат диссертации Акулича Владимира Юрьевича в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы, полностью

раскрывает цель и задачи исследования, а также описывает основные положения, выносимые на защиту.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». М.: Стандартинформ. – 2012.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

В соответствии с п. 10 «Положение о присуждении ученых степеней» диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В соответствии с п. 11 «Положение о присуждении ученых степеней» по теме диссертации автором опубликованы 17 работ, из них 5 работ в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, и 4 статьи в изданиях, входящих в международные базы Web of Science и Scopus.

В соответствии с п. 14 «Положение о присуждении ученых степеней» в диссертации соискатель ученой степени ссылается на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов.


Заключение

Диссертация Акулича Владимира Юрьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач исследования напряженно-деформированных состояний и устойчивости равновесия системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» при упругих и упругопластических деформациях, разработка методики и анализ влияния

учета поэтапного возведения цилиндрической оболочки, взаимодействующей с окружающим основанием, на НДС системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» с использованием расчетной модели, изменяющейся во времени, с односторонним контактным взаимодействием между оболочкой и основанием при упругопластических моделях материала оболочки и основания, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно строительной, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Акулич Владимир Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
Демьянушко Ирина Вадимовна,
01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры,
почтовый адрес: 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64,
тел.: +7 499 155-03-03,
адрес электронной почты: demj-ir@mail.ru,
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ)
Заведующий кафедры «Строительная механика»

«24» февраля 2022 г.


(подпись)

И.В. Демьянушко

Подпись И.В. Демьянушко подтверждаю
Ученый секретарь Ученого Совета МАДИ
к.т.н.



С.В. Зайцев

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Акулича Владимира Юрьевича

на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.1.9. Строительная механика

на тему «Напряженно-деформированное состояние и устойчивость равновесия цилиндрических оболочек при упругих и упруго-пластических деформациях, в том числе взаимодействующих с окружающим основанием, с учетом изменения расчетной модели во времени»

Актуальность избранной темы

Рецензируемая диссертационная работа Акулича Владимира Юрьевича выполнена на актуальную для современной строительной отрасли тему численных исследований напряженно-деформированного состояния и устойчивости цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием.

В настоящее время в крупных мегаполисах в связи с масштабным ростом транспортного, промышленного и гражданского строительства часто возникает проблема прогноза деформаций земной поверхности, вызванных возведением подземных конструкций, в частности цилиндрических оболочек. Одним из вариантов решения данной проблемы является развитие численных методов, использование которых позволит прогнозировать указанные деформации с требуемой точностью.

Кроме того, учет стадийности монтажа и использование упруго-пластических моделей материала позволят еще лучше отразить поведение цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием.

Все сказанное определяет актуальность темы проведенного диссертационного исследования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, в достаточной степени аргументированы, логически последовательны и обоснованы.

Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность полученных результатов основывается на:

- корректном соблюдении основных принципов математического моделирования;
- вполне обоснованном и продуманном применении известных конечно-элементных комплексов;
- сопоставлении с решениями, полученными с помощью аналитического полуэмпирического метода, и данными геодезического мониторинга.

Научная новизна, сформулированная в работе, не вызывает сомнения. Она заключается в разработке численной методики определения напряженно-деформированного состояния системы «оболочка – основание» с учетом особенностей их контактного взаимодействия, обусловленных «потерянным объемом» грунта; в исследовании и анализе особенностей напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек при учете стадий их монтажа; в решении ряда задач об устойчивости равновесия цилиндрических оболочек с учетом геометрической и физической нелинейностей при различных видах контактного взаимодействия оболочки и основания.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в определении необходимых размеров фрагмента основания системы «оболочка – основание» в продольном и поперечном направлениях к центральной оси оболочки для выполнения достоверных расчетов данной системы; в рекомендациях по учету минимально необходимого количества

стадий монтажа цилиндрической оболочки в расчетах системы «оболочка – основание».

Практическая ценность диссертации заключается в разработке программы автоматического построения пространственной конечно-элементной модели системы «оболочка – основание» с заданными пользователем параметрами, а также в применении разработанных методик при выполнении расчетов цилиндрических оболочек для перегонных тоннелей, строительство которых проходило под существующей железной дорогой.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Общий ее объем составляет 273 страницы, в том числе 134 рисунка и 19 таблиц. Список литературы содержит 333 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, а также основные положения, составляющие научную новизну, практическую ценность и обоснованность полученных результатов, приведены требуемые сведения о содержании работы.

В первой главе приведен обзор публикаций, характеризующих современное состояние теории цилиндрических оболочек и численных методов их расчета. Рассмотрены различные существующие методы расчета систем «оболочка – основание». Представлена практическая значимость изучаемой тематики и необходимость развития численных методов расчета.

Во второй главе кратко изложены основные уравнения метода конечных элементов. Рассмотрены наиболее распространенные упруго-пластические модели материала для решения задач в физически нелинейной постановке. Описаны способы численного моделирования контактного взаимодействия тел, в том числе одностороннего. Изложены основные этапы метода Ланцоша

для решения задач о собственных значениях, реализованного в большинстве известных конечно-элементных комплексов.

В третьей главе описана численная методика учета зазора между оболочкой и окружающим основанием, обусловленного «потерянным объемом» грунта. Методика реализована с помощью одностороннего контактного взаимодействия оболочки и основания, учитывающего начальный зазор между ними. Также приведено приложение, позволяющее автоматизировать процесс создания пространственных расчетных моделей системы «цилиндрическая оболочка – основание» по предварительно заданным параметрам. Приложение использовано в исследовании, которое позволило определить необходимые размеры расчетного фрагмента основания для получения достоверных результатов расчета деформаций поверхности земли. Описано использование разработанной методики при строительстве линии Московского метрополитена.

В четвертой главе рассмотрено влияние учета стадий монтажа цилиндрической оболочки, взаимодействующей с основанием, на ее напряженно-деформированное состояние при различных условиях контактного взаимодействия. Учтено упруго-пластическое поведение как оболочки, так и окружающего основания.

Дополнительно решена задача об определении влияния монтируемой цилиндрической оболочки на уже существующую близлежащую оболочку. Данная задача имеет значительный практический интерес.

Пятая глава посвящена устойчивости равновесия системы «цилиндрическая оболочка – окружающее основание» в плоской и пространственной постановках задачи. Указаны величины «запаса устойчивости» данной системы. Проведен сравнительный анализ полученных результатов численных расчетов.

**Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации,
влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

По диссертации имеются следующие замечания:

– в тексте диссертации имеется некоторое количество опечаток (стр. 8, 20, 25, 44, 61, 94, 144, 163, 271 ...);

– несколько непонятным выглядит термин «нефизичные значения величин» (стр.122) – видимо имелось в виду «нефизические значения».

Указанные замечания носят целиком рекомендательный характер, легко устраняются и никак не влияют на высокую оценку основных теоретических и практических результатов диссертации Акулича В.Ю.

К очевидным достоинствам диссертации относятся следующие:

– глубокая и тщательная проработка всех рассматриваемых в диссертации вопросов;

– большое количество хорошо сформулированных примеров и, в завершение этих примеров, качественный анализ полученных результатов, иллюстрированный четкими рисунками;

– обзор литературы, посвященный пластинам и оболочкам, написан не формально, но с весьма интересным экскурсом в историю, и далее во всех разделах диссертации в обязательном порядке приводятся ссылки на первоисточники.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат полностью и корректно отражает основное содержание диссертации в кратком изложении.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям

ГОСТ Р 7.0.11-2011

Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – М.: Стандартинформ, 2012».

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
Положением о присуждении ученых степеней по пунктам 10, 11 и 14**

Диссертация Акулича Владимира Юрьевича на тему «Напряженно-деформированное состояние и устойчивость равновесия цилиндрических оболочек при упругих и упруго-пластических деформациях, в том числе взаимодействующих с окружающим основанием, с учетом изменения расчетной модели во времени», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней:

– по пункту 10 – диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, 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;

– по пункту 11 – основные научные результаты диссертации опубликованы автором в пяти рецензируемых научных изданиях;

– по пункту 14 – в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также на результаты научных работ, выполненных лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

Заключение

Диссертация Акулича Владимира Юрьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение линейных и нелинейных задач определения напряженно-деформированного состояния и устойчивости цилиндрических оболочек, взаимодействующих с окружающим основанием,

что имеет существенное значение для исследования поведения оболочек при упруго-пластических деформациях.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Акулич Владимир Юрьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент

Леонтьев Андрей Николаевич

05.23.17 – Строительная механика

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

Московский государственный строительный

университет» (НИУ МГСУ)

Доцент кафедры «Сопротивление материалов»

адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26

телефон: +7 495 781-80-07

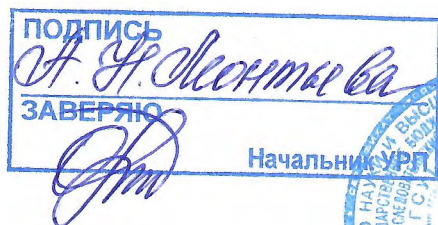
email: LeontievAN@mgsu.ru

« 04 » марта 2022 г.



(подпись)

А.Н. Леонтьев



Перевезенцева