

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **ВЕДЕРНИКОВОЙ АЛЁНЫ АНДРЕЕВНЫ**
«РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ТРУБОБЕТОННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ
В ПРЕДЕЛЬНОЙ И ЗАПРЕДЕЛЬНОЙ СТАДИЯХ РАБОТЫ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и
сооружения».

Актуальность темы

Применение трубобетонных конструкций различной геометрии сечений является эффективным методом повышения статической и динамической несущей способности зданий при незначительном увеличении трудоемкости производства строительно-монтажных работ. За счет обеспечения совместной работы ядра и оболочки материал ядра переходит в состояние трехосного сжатия, что нелинейно повышает воспринимаемые критические нагрузки. Сочетание разномодульных компонент и внутренняя статическая неопределимость составного сечения значительно повышают демпфирующие свойства, что делает перспективным применение трубобетона в сейсмостойком строительстве. Значительная экономия в площадях поперечного сечения конструкций, не всегда играющая определяющую роль в малоэтажном и среднеэтажном строительстве, оказывает высокий экономический эффект в высотных зданиях, размеры железобетонных колонн в которых, даже при применении высокопрочных бетонов, могут достигать 2х2 метра (4 м² для одной колонны без учета обшивки), что, учитывая стоимость квадратного метра и количества колонн на одном этаже, приводит к значительным потерям, а в то же время площади сечений трубобетонных колонн оказываются в 2-4 раза меньше.

В отличие от многих конструкций, применяемых в строительстве высотных зданий, трубобетон прекрасно работает в запредельной стадии, что очень важно при потенциальном наступлении аварийного состояния, связанного с сейсмическими процессами, террористическими актами,

авариями при производстве строительно-монтажных работ и при эксплуатации объекта. Одной из проблем является ограниченность существующих методик расчета трубобетонных элементов, находящихся в запредельном состоянии. Тем не менее, согласно нормативной документации, такое состояние необходимо учитывать при расчетах на прогрессирующее обрушение. Таким образом, подготовка научно-обоснованных методов расчета, и их последующее внедрение в нормативную базу, является направлением, **актуальность** которого не вызывает сомнений.

Научная новизна

Автором диссертации разработан ряд важных технических решений, обладающих необходимой научной новизной:

1. Доказано, что обратный метод расчета прочности, устойчивости и остаточной несущей способности в запредельных деформированных состояниях может применяться при анализе трубобетонных элементов. Произведена адаптация метода для трубобетонных элементов.

2. Получены зависимости, позволяющие определить остаточную несущую способность после потери прочности и устойчивости при различных сочетаниях физических и геометрических характеристик трубобетонных элементов.

3. Предложена зависимость, описывающая снижение остаточной несущей способности трубобетонных элементов в запредельных состояниях от роста деформаций.

Теоретическая значимость

Ценность данной работы заключается в создании методов расчета трубобетонных элементов как в предельной, так и в запредельной стадиях, что способствует развитию теоретических подходов и созданию методологии проведения проектных процедур, связанных с недопущением возникновения прогрессирующего обрушения зданий и сооружений.

Практическая значимость

Практическая ценность работы заключается в разработке применимых на практике методов и методик расчета прочности и устойчивости трубобетонных элементов. Практическая ценность также подтверждается разработкой и государственной регистрацией программ для ЭВМ (Свидетельства о государственной регистрации №2022663635, №2022682845).

Достоверность и обоснованность. Методы исследования.

Достоверность и обоснованность представленных результатов подтверждается:

- использованием общепринятых расчетных допущений (теории деформирования упругих стержней с замкнутым профилем; стандартных моделей поведения упругопластических материалов).
- экспериментально-теоретической проверкой (согласованием результатов расчета на основе разработанных методов с результатами известных решений частных задач; сходимостью с многочисленными экспериментальными результатами, опубликованными в научных работах отечественных и зарубежных авторов).
- численным подтверждением (достоверность теоретических выводов подтверждена путем сопоставления с результатами расчета методом конечных элементов в среде программного комплекса ANSYS 18.0).

Структура и состав диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы – 156 страниц машинописного текста, включая 31 таблицу, 64 рисунка и 63 формулы. Список литературы содержит 131 наименование, в том числе 53 – на иностранных языках.

Во **введении** сформулирована проблема и обоснована актуальность совершенствования методов расчета характеристик предельных и запредельных состояний трубобетонных элементов, работающих в условиях загрузки продольной сжимающей силой с одно- и двухосными эксцентриситетами, проанализирована степень разработанности темы

603950, г.Нижний Новгород, ул.Ильинская, 65

Кафедра «Теория сооружений и техническая механика», tstm@nngasu.ru, тел. 8 (831) 430-54-96

исследования, проведен анализ существующих экспериментальных и теоретических разработок в области определения особенностей напряженно-деформированных состояний трубобетонных элементов в предельной и запредельной стадии сопротивления, поставлены цели и задачи проводимых исследований, приведена научная новизна, сформулирована теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, даны сведения об апробации результатов исследования и количестве публикаций.

В первой главе приведен краткий обзор и анализ экспериментальных и теоретических исследований трубобетонных конструкций, работающих в предельных и запредельных стадиях сопротивления, даны сведения о характере работы трубобетонных элементов под нагрузкой. Выявлены пробелы в существующих методах расчета и необходимость их совершенствования – разработки численно-аналитического метода решения и инженерной методики на его основе. Для этого предложено обобщить обратный численно-аналитический метод, который хорошо себя показал при расчетах обыкновенный и легких тонкостенных стальных профилях.

Во второй главе предлагается решение задачи прочности сечений трубобетонных элементов круглого и прямоугольного поперечного сечений, с учетом начальных напряжений и упрочнения зонгиба (для прямоугольных) и упрочнения бетона при обжатии трубой (для круглых сечений). Произведено сравнение с расчетами по СП 266.13330.2016 и методом конечных элементов. Приведено описание решения методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. Получена удовлетворительная сходимость нового метода с известными решениями. Также проанализирована запредельная работа трубобетонных элементов, получены данные о величине снижения несущей способности в запредельной стадии работы.

В третьей главе обратный численно-аналитический метод изложен для решения задачи устойчивости трубобетонных элементов. Произведено сравнение с расчетами по СП 266.13330.2016 и методом конечных элементов. Получена удовлетворительная сходимость нового метода с известными решениями для различных сочетаний геометрических и физических

характеристик сечений и гибкостей трубобетонных элементов. Рассмотрено решение для запредельных стадий работы для различных сочетаний свойств стали и бетона, а также соотношений толщины и размеров труб.

В четвертой главе приведено сопоставление с экспериментальными данными – в сумме 82 испытания на прочность и устойчивость для трубобетонных элементов с различными механическими и геометрическими характеристиками. Показана удовлетворительная сходимость, что говорит о достоверности разработанного метода. Проведено также сопоставление экспериментальных исследований и разработанного метода расчета для запредельной стадии сопротивления: сравнивались диаграммы «нагрузка-прогиб», сравнение показало хорошие результаты.

В пятой главе приводится инженерная методика расчета задач прочности, устойчивости и запредельной работы трубобетонных элементов различного сечения с характеристиками стали в диапазоне от 290 до 650 МПа, бетона от 19,5 до 54 МПа, что соответствует используемым в мировой практике маркам стали и классам бетона.

В заключении изложены основные выводы по диссертационной работе, которые отражают главные результаты выполненных исследований, подтверждают достижение поставленной цели и решение соответствующие задач.

Автореферат полностью соответствует основным диссертации и оформлен согласно требованиям ВАК РФ.

Соответствие диссертации паспорту специальности

2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Исследование соответствует паспорту специальности:

п.1. Построение и развитие теории, разработка аналитических и вычислительных методов расчёта механической безопасности и огнестойкости, рационального проектирования и оптимизации конструкций и конструктивных систем зданий и сооружений.

Апробация и публикации результатов

Материалы диссертации опубликованы в 10 научных работах, среди них: 5 статей (2 персональные статьи без соавторов) в журналах, входящих в перечень рецензируемых изданий по специальности 2.1.1 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»; 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ;

Результаты неоднократно докладывались на Всероссийских и международных конференциях. Результаты исследования были внедрены в ООО «Спектр Глобал», что подтверждается соответствующим документом, представленным в диссертации

Основные вопросы и замечания

Несмотря на общую положительную оценку диссертации, отмечаются следующие замечания:

1. Несмотря на очевидную научную новизну, понятную экспертам в области исследований трубобетонных конструкций, для менее подготовленных специалистов следовало указать на отличительные признаки предлагаемых пунктов. Как правило, научная новизна содержит лингвистические конструкции одного из двух типов: «...впервые предложено...» (что требует особых доказательств), или «... в отличие от ранее предложенных...». Использование данных оборотов значительно усилило бы восприятие проделанной работы.

2. В разнородных материалах одним из важных факторов корректности предлагаемых методик является потенциально возможная потеря адгезии, то есть сцепления и однородности пограничного слоя. Не совсем ясно, учитывается ли в решаемых задачах сдвиг трубы относительно бетона? И если учитывается, то как это выражено математически?

3. Представляет интерес, как были выбраны экспериментальные данные для сопоставления. С одной стороны, представлены разнообразные по времени и месту проведения эксперименты, с другой стороны, есть еще

большое количество работ, которые могли бы подойти для сравнения результатов расчета и эксперимента.

4. Текст диссертации и автореферата содержит отдельные опечатки. Не все иллюстрационные материалы, представленные в диссертации, удобны для читателя. Например, на рис. 2.11 представлен важный прочностно-вычислительный алгоритм, символы на котором очень трудно различимы; на рис. 2.13 приводятся конечно-элементные модели трубобетонных элементов, но различить, где сердечник, а где обойма, невозможно из-за их одинакового отображения и т.д.

Замечания не носят принципиального характера и не меняют положительную оценку работы.

Вывод официального оппонента по качеству работы и квалификации автора

В качестве выводов следует отметить, что:

1. Диссертация написана четким научным языком, практически все графические материалы легко читаемы и информативны.

2. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Личный вклад автора не вызывает сомнений.

3. Проведенное исследование находит практическое применение в области совершенствования методик расчет трубобетонных конструкций, находящихся в предельном состоянии.

4. Положения, выносимые на защиту, весьма обоснованы и представляют научный интерес.

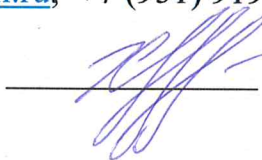
5. Научная новизна диссертации корректна и отражена во введении и в автореферате.

Считаю, что диссертация «РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПРЕДЕЛЬНОЙ И ЗАПРЕДЕЛЬНОЙ СТАДИЯХ РАБОТЫ» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор,

ВЕДЕРНИКОВА АЛЁНА АНДРЕЕВНА, продемонстрировала необходимую квалификацию и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. – «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Официальный оппонент, доктор технических наук по специальности 2.5.1. «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий», доцент по специальности 2.1.1. – «Строительные конструкции, здания и сооружения», доцент кафедры «Теория сооружений и техническая механика», заведующий лабораторией «Непрерывный контроль технического состояния зданий и сооружений»

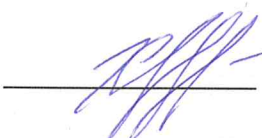
khazov.nngasu@mail.ru, +7 (951) 919-0-919



Хазов Павел Алексеевич

31.10.2025 г.

Я, Хазов Павел Алексеевич, автор отзыва, согласен на внесение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.380.01:

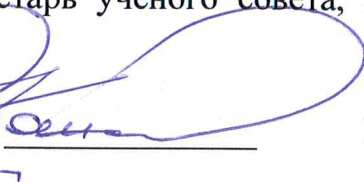


Хазов Павел Алексеевич

Подпись руки доктора технических наук, доцента Хазова Павла Алексеевича заверяю:



Ученый секретарь ученого совета, кандидат физико-математических наук



Кожанов Дмитрий Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». 603950, г.Нижний Новгород, ул.Ильинская, 65, Кафедра «Теория сооружений и техническая механика», tstm@nngasu.ru, тел. 8 (831) 430-54-96.