

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Кришана Анатолия Леонидовича на диссертационную работу Ведерниковой Алены Андреевны на тему: «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 исследования

Сжатые трубобетонные элементы достаточно широко применяются в строительной практике, особенно в качестве колонн при возведении высотных зданий. В последнее время они становятся востребованными и проектировщиками нашей страны. Этому способствуют многочисленные положительные качества трубобетонных колонн конструктивного, технологического и экономического характера. Среди преимуществ конструктивного плана следует особо отметить высокую несущую способность в сочетании с пластическим характером разрушения, что позволяет при применении таких колонн существенно повышать живучесть несущих каркасов. В результате заметно повышается устойчивость зданий прогрессирующему обрушению. В РФ относительно недавно вступил в действие нормативный документ СП 266.1325800.2016, устанавливающий правила проектирования трубобетонных элементов. Однако из-за весьма сложного характера напряженно-деформированного состояния внешней стальной оболочки и бетонного ядра расчет несущей способности сжатых трубобетонных элементов и в российском, и в зарубежных нормативных документах предлагается осуществлять с помощью эмпирических зависимостей. Такие зависимости справедливы лишь для элементов, имеющих определенную конструкцию и изготовленных из определенных материалов, что сдерживают более широкое применение трубобетона. Учет гибкости при расчете несущей способности по действующим нормам осуществляется некорректно. Во-первых, не учитывается переменная жесткость по длине сжатого стержня. Во-вторых, с ростом гибкости уменьшается влияние прочности материалов (особенно бетонного ядра) на несущую способность, что также не учитывается. Рекомендации по учету остаточной несущей способности трубобетонных колонн при аварийных воздействиях на здания в нормах отсутствуют. В диссертационной работе теоретически решаются задачи устойчивости и остаточной несущей способности сжатых трубобетонных элементов. В этой связи работа является **актуальной**.

Структура и содержание работы

На отзыв представлена диссертационная работа, изложенная на 166 страницах машинописного текста и содержащая 64 рисунка и 36 таблиц. Диссертационная работа состоит из введения, основной части, включающей 5 глав, заключения, списка литературы из 121 источника.

Во **введении** рассматриваются актуальность выбранной темы исследования, степень её разработанности, цели и задачи исследования, научная гипотеза, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, методология и методы исследования, а также положения, выносимые на защиту, степень достоверности достигнутых результатов, личный вклад автора, информация об апробации результатов работы, её объеме и структуре.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы исследования несущей способности сжатых трубобетонных элементов. Рассмотрены достоинства и недостатки таких конструкций, рациональная область их применения. Кратко проанализированы современные методы расчета сжатых трубобетонных элементов на прочность и устойчивость. Приведен обзор исследований их остаточной несущей способности. В выводах перечислены основные задачи исследования.

Во **второй** главе рассматриваются предельные и запредельные напряженно-деформированные состояния материалов в нормальных сечениях сжатых трубобетонных элементах. Приведен разработанный автором обратный метод решения задачи прочности и остаточной несущей способности в запредельном состоянии. Выполнено обобщение обратного метода расчета по прочности стальных элементов на трубобетонные с приведением характеристик сталежелезобетонного сечения к стали трубы. Разработан алгоритм решения задачи с учетом влияния начальных напряжений и упрочнения угловых зон в гнутосварных стальных трубах.

Третья глава посвящена рассмотрению предельных и запредельных состояний сжатых трубобетонных элементов по устойчивости. Предложено учитывать фактическую жесткость элемента, определяемую при нарушении равновесия деформированного состояния. Выполнено сопоставление теоретически полученных данных с результатами расчётов устойчивости в ПК ANSYS. Приведены полученные новые данные об остаточной несущей способности трубобетонных элементов после потери устойчивости при максимально допускаемых деформациях.

В **четвертой** главе приведено сопоставление результатов расчетов по предлагаемому обратному методу расчета прочности с экспериментальными данными различных ученых, которое в большинстве случаев показало удовлетворительное соответствие теории данным опытов. Сопоставление результатов расчетов по остаточной несущей способности после потери устойчивости с экспериментальными данными свидетельствует о запасах расчета в пределах до 25%.

В **пятой** главе предложена упрощенная методика расчета на устойчивость, позволяющая выполнять такие расчеты инженеру-проектировщику.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов работы и обоснованность научных положений подтверждаются применением современных методов исследования, воспроизводимостью результатов исследования, достаточным объёмом численных экспериментов. Выводы диссертации обоснованы и согласуются с современными представлениями механики твердого тела.

Научная новизна исследования заключается в предложенном решении задач прочности, устойчивости и остаточной несущей способности в запредельном состоянии на основе обратного численно-аналитического метода расчета. Впервые установлены зависимости остаточной несущей способности после потери прочности и устойчивости сжатых трубобетонных элементов от различных сочетаний их физических и геометрических параметров.

Теоретическая и практическая значимость работы

Соискателем предложен метод расчета прочности и устойчивости сжатых трубобетонных элементов. Метод основан на обратном решении задачи прочности от заданного деформированного состояния в наиболее нагруженном сечении до определения соответствующего фактического нагружения. Он позволяет получить достоверные результаты с достаточной степенью точности как для предельных, так и для запредельных состояний.

Разработаны алгоритм и программа расчета на прочность и устойчивость сжатых трубобетонных элементов. Наличие такой программы позволяет за короткое время выполнять большой объем расчетов, что обеспечивает возможность оптимального проектирования конструкций. Предложена методика практического расчета трубобетонных элементов круглого и прямоугольного профилей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором для обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций проведён анализ 121 источника отечественных и зарубежных авторов. В качестве методологической базы диссертационного исследования использовались положения деформационной теории упругих стержней.

По теме диссертации автором опубликовано 10 научных работ, из которых 5 в журналах, включенных в перечень рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание степени кандидата наук. Результаты использования в практической области подтверждаются справкой о внедрении в работу ООО «Спектр Глобал», специалисты которого применяют разработанную в диссертации инженерную методику расчета при проектировании трубобетонных конструкций.

Замечания и вопросы по диссертации и автореферату.

1. По результатам выполненного обзора ранее проведенных исследований (1 глава) не отмечен один из основных недостатков рекомендуемых методик расчета прочности сжатых трубобетонных элементов. В нормативных документах разных стран, включая РФ, приведены формулы для определения прочности на основе метода предельных усилий. Но совершенно игнорируется повышенная деформативность таких конструкций. К моменту разрушения осевые деформации сжатых трубобетонных элементов могут достигать 5%, а иногда и более. Также замечу, что в тексте и в подзаголовках пунктов 1 главы не указывается, что рассматриваются именно сжатые элементы.

2. При переводе механических свойств бетона к характеристикам стальной трубы оба материала рассмотрены в упругой стадии. При этом приведенные характеристики используются для расчетов прочности. Хотя к моменту потери прочности и стальная труба и бетонное ядро проявляют пластические свойства и имеют коэффициенты упругости значительно меньше 1 (примерно от 3 до 10 раз). Как принятое допущение влияет на точность расчета остается не выясненным?

3. В главе 2 рассматривается прочность трубобетонных элементов круглого и прямоугольного сечений. Однако указания для определения расчетных сопротивлений бетона и трубы сжатию в п. 2.3 диссертации приведены только для элементов круглого сечения.

4. Расчетные сопротивления металла трубы и бетона сжатию в п.2.3 приняты по действующему нормативному документу РФ - СП 266.13258.2016.

Однако эмпирические формулы этого нормативного документа в 1,8-3,8 раза переоценивают сопротивление сжатию стальной трубы, при этом заметно недооценивая сопротивление бетонного ядра. Достоверный расчет прочности сжатых трубобетонных элементов, работающих при осевом сжатии и сжатии с малыми эксцентриситетами, должен учитывать радиальные напряжения, возникающего на контакте между бетоном и трубой в поперечном направлении.

5. Численные исследования силового сопротивления трубобетонных конструкций выполнены в ПК ANSYS. В диссертации приведены полученные данные по осевым напряжениям в бетоне и трубе. Но данные с радиальными напряжениями отсутствуют. Между тем эти данные представляют большой интерес. Чтобы получить адекватные величины бокового давления на бетон и окружных напряжений в трубе необходимо правильно учитывать в расчете изменения коэффициентов поперечных деформаций обоих материалов. В сталежелезобетонных конструкциях с внешним армированием соотношение коэффициентов поперечных деформаций во многом определяет наличие и величину радиальных напряжений на поверхности бетон-сталь. Интересно, как диссертант решал эту задачу ПК ANSYS?

6. Коэффициент ползучести для объемно сжатого бетона значительно меньше, чем для одноосно сжатого бетона. На данный факт следовало указать при определении пониженного модуля деформации на стр. 46 диссертации, где коэффициент ползучести предлагается принимать по табл. 6.12 СП 63.13330.

Отмеченные недочеты во многом объясняются тем, что в диссертации принят новый подход к расчету несущей способности сжатых трубобетонных элементов, ранее никем не предлагаемый. Из-за сложного напряженного состояния материалов учесть в новом методе многочисленные особенности силового сопротивления этой конструкции в одной кандидатской диссертации практически невозможно. Поэтому указанные замечания считаю не существенными и не снижающими общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Заключение

Диссертационная работа Ведерниковой Алены Андреевны «Развитие метода расчета трубобетонных элементов конструкций, находящихся в предельной и запредельной стадиях работы» является актуальной, значимой, самостоятельно выполненной и законченной научно-квалификационной работой, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. В работе впервые предложено рассчитывать прочность и устойчивость сжатых

трубобетонных элементов по аналогии с металлическими конструкциями обратным методом с приведением характеристик сталежелезобетонного сечения к стали трубы. Для прямоугольного профиля предложено учитывать влияние начальных напряжений и упрочнение угловых зон. Все эти предложения имеют существенное значение для строительной науки и теории железобетона. Диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ведерникова Алена Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения.

Согласен на автоматизированную обработку моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Официальный оппонент  **Кришан Анатолий Леонидович**

Кришан Анатолий Леонидович, доктор технических наук,
профессор, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
Адрес: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38.
Телефон: +7 (800) 100-1934, 89123033223
E-mail: kris_al@mail.ru

Подпись Кришана Анатолия Леонидовича удостоверяю:

