

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Цепляева Максима Николаевича на тему: «Обеспечение устойчивости стенок вертикальных цилиндрических резервуаров на основе рационального расположения колец жесткости», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Актуальность работы для науки и практики

Стабильный спрос на продукты нефтяной промышленности, технологическое развитие химической, сельскохозяйственной и пищевой отраслей вызывают потребность в постоянном обновлении и поддержании работоспособного состояния сооружений для хранения больших объёмов жидкостей. Нередко такими сооружениями служат стальные вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления, основным элементом которых является тонкостенная оболочка. Высокая эффективность конструкций такого типа доказана многолетним опытом эксплуатации и проектирования резервуаров. Несмотря на значительный мировой опыт изучения работы таких конструкций, усилия исследователей, во многом, направлены на повышение точности прочностных расчётов цилиндрической стенки. Безусловно, что указанная тенденция обоснована определяющим влиянием прочностного расчёта на металлоёмкость стенки резервуара. В свою очередь, применяемые инженерные методики расчёта оболочек на устойчивость, большей частью, базируются на результатах экспериментальных исследований, которыми обосновываются значения поправочных коэффициентов (коэффициентов запаса устойчивости) к теоретически полученным результатам идеализированных расчетных схем. Вместе с тем, подобный подход не исключает возможность аварий, примеры которых приведены в работе. При этом допускается использование усиливающих элементов стенки – колец жёсткости, что позволяет обеспечить устойчивость оболочки от действия поперечных нагрузок без увеличения её толщины. И хотя установка колец жёсткости является единственным широко применяемым

способом усиления, комплексные исследования сравнительной материалоемкости в отношении их применения отсутствуют. Также, не конкретизируются способы учёта геометрических несовершенств стенки, которые неминуемо проявляются в процессе изготовления, монтажа, либо эксплуатации резервуара. Расчётные модели, на которых строится методика расчёта на устойчивость, являются идеализированными, в том числе в части учета формы распределения ветрового потока.

Таким образом, учитывая принадлежность вертикальных цилиндрических резервуаров к сооружениям массового строительства, требующим постоянного обновления и ремонта, и имеющим высокую степень ответственности, выбранная тематика диссертационного исследования является актуальной и своевременной как для науки, так и для практики их возведения. Совершенствование методики усиления стенки ВЦР горизонтальными кольцами жёсткости позволит не только повысить надёжность, но оптимизировать металлоёмкость конструкций вертикальных цилиндрических резервуаров, что в целом должно сказаться на суммарной экономической эффективности применения этого типа инженерных сооружений в различных отраслях промышленности.

Анализ содержания диссертации

Представленная к оппонированию кандидатская диссертация состоит из одного тома объёмом 165 страниц, содержит введение, пять разделов, с выводами по каждому из них, общие выводы, список использованных источников в количестве 125 наименований, а также приложения. По теме диссертации автором самостоятельно и в соавторстве опубликовано 9 работ, в которых отражены основные положения диссертации.

Во введении сформулирована актуальность и степень разработанности выбранной темы диссертационного исследования. Приведены цель, задачи, научная новизна и практическая значимость исследования. Также, автором обоснована достоверность полученных результатов. Можно отметить, что поставленные задачи являются логически выстроенными, и охватывают

достаточный спектр вопросов, решение которых приводит к достижению поставленной цели.

Первая глава посвящена детальному обзору мирового опыта проектирования резервуаров с кольцами жёсткости. Подробно рассматривается история развития взглядов на решение задачи устойчивости оболочек и их реализация в нормативных документах. Автором приведено сравнение существующих отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих требования проектирования резервуаров с кольцами жёсткости, и определены преимущества и недостатки каждого из них. Первая глава в значительной мере является обоснованием и подтверждением актуальности и выбранных задач исследования, приведенных автором во введении.

Во втором разделе приведена аргументация выбора численных и экспериментальных методов решения поставленных задач. Автором обоснована необходимость применения процедуры экспериментальной верификации численной модели, приведены методика и план эксперимента, включающий обоснование необходимых параметров верифицируемых моделей, выбор измерительного и другого оборудования, а также подходы к определению исследуемых параметров. Результатом второго раздела являются данные экспериментальных исследований каждой из рассмотренных моделей, послужившие основой для уточнения параметров конечно-элементной модели, обеспечивающих достаточную точность результатов последующих численных исследований.

Третий и четвёртый разделы посвящены решению основных задач исследования, а именно - уточнению расположения колец жёсткости путём численных исследований на верифицированных моделях. Автором определены принципы расположения и рациональные границы применения колец жёсткости для вертикальных цилиндрических резервуаров различных объемов, в том числе, при наличии типового геометрического дефекта стенки в виде угловатости вертикального монтажного сварного шва.

В пятом разделе автор приводит разработанный им на основе результатов численных исследований алгоритм рациональной расстановки горизонтальных колец жёсткости для цилиндрической стенки резервуара. Также, выполнено обоснование значений рекомендуемых поправочных коэффициентов к аналитическим выражениям для определения кольцевых критических напряжений потери устойчивости стенки в отечественных нормативных документах.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов определена, в первую очередь, применением комплексного подхода к исследованию рациональности усиления цилиндрических стенок резервуаров большого объёма, находящихся под действием поперечных нагрузок, горизонтальными кольцами жесткости, которое в такой постановке ранее не проводилось. Путём численных исследований, установлены зависимости для выбора шага колец жёсткости, обеспечивающих большую устойчивость стенки по сравнению с нормативными случаями размещения без увеличения металлоёмкости стенки. Автором рассмотрен случай влияния на устойчивость наличие дефекта в виде угловатости вертикального монтажного сварного шва резервуара и представлена уточненная форма выражения для определения шага расположения колец для такого случая. К новизне также можно отнести резервы несущей способности оболочки стенки ВЦР в 4-7%, обусловленные использованием разработанной методики рациональной расстановки колец жесткости, что позволяет уточнить значения величин критических значений кольцевых напряжений в стенке по отношению к действующим в нормативных документах.

Замечания по работе

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В обзоре литературы проработано достаточно много источников и определены основные этапы становления существующей методики обеспечения устойчивости цилиндрических стенок резервуаров путём расположения колец жёсткости. Тем не менее, по целому ряду затрагиваемых работ, особенно на

которых строятся дальнейшие исследования диссертационной работы, следовало бы подробнее изложить суть проводимых исследований и обоснование полученных выводов.

2. Во втором разделе выбранные автором три конструктивных варианта моделей для экспериментальной верификации в целом охватывают выбранный спектр задач исследования. Однако, целесообразно было бы провести экспериментальные исследования на четвертой модели включающей наличие рассматриваемого дефекта и кольцевого усиления, поскольку именно такой случай рассматривается в дальнейших численных исследованиях.

3. Представляется сомнительным точность экспериментально полученных значений напряжений в момент потери устойчивости, поскольку один круг опроса датчиков, на применяемом оборудовании, проводится в течение 2-х секунд. Для получения более точной картины следовало бы задавать нагрузку ступенчато.

4. Хотя автор и приводит обоснование решения задачи устойчивости в линейной постановке, логично было бы подкрепить такое обоснование сопоставительным анализом расчетных параметров напряженно-деформированного состояния в сравнении с решением в геометрически нелинейной постановке, в особенности при наличии геометрических дефектов стенки.

5. Исследуемый дефект угловатости вертикального монтажного сварного шва вызывает моментное состояния оболочки в зоне его наличия. В тоже время, автором приводится влияние параметров дефекта лишь на устойчивость стенки при упругой работе материала, в то время как известно, что напряжения в зоне такого дефекта зачастую превышают предел текучести стали. В связи с этим, более корректными были бы результаты исследований, выполненные при физически нелинейной постановке задачи с учетом упруго-пластической работы материала в зоне дефекта.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для строительной науки и практики в части обоснования рациональных подходов к обеспечению устойчивости стенок вертикальных цилиндрических резервуаров большого объёма под действием поперечных нагрузок. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Настоящим я, Белый Григорий Иванович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имя, отчества.

Официальный оппонент
Белый Григорий Иванович
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-строительный
университет», профессор кафедры
металлических и деревянных конструкций,
Россия, 190005, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, д.4
Тел. +7 (812) 316-58-72
E-mail: rector@spbgasu.ru
Сайт: www.spbgasu.ru

Белый Г.И.

