

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора

по научной и исследовательской
деятельности

федерального государственного
автономного образовательного

учреждения высшего образования

«Южный федеральный университет»

доктор химических наук,

старший научный сотрудник

А.В. Метелица

д.с. Метелица 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертации 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 темы диссертационного исследования

Сфера использования стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения технологических и других жидкостей затрагивает различные направления нефтяной, химической, пищевой промышленности и сельского хозяйства. Широкое применение, а также высокая техногенная опасность таких конструкций обуславливает потребность в повышении их надежности при обеспечении минимальной металлоемкости. В тоже время, несмотря на многолетнюю историю применения резервуаров зачастую на практике имеют место случаи общей и местной потери устойчивости цилиндрической стенки резервуаров. В частности, такие повреждения бывают вызваны действием сочетания поперечных нагрузок - ветра и вакуума. Говоря об обеспечении устойчивости стенки резервуара, существуют два принципиальных подхода: подбор достаточной толщины либо усиление стенки резервуара. При этом, в случае капитального ремонта возможен только второй подход. Чаще других в качестве усиливающих элементов стенок вертикальных цилиндрических резервуаров применяются горизонтальные кольца жесткости.

Возможность установки горизонтальных колец жесткости для обеспечения устойчивости стенки от действия поперечных нагрузок оговаривается в различных

источниках и нормативных документах (СП, API, Еврокодах и др.). Однако анализ документов показывает различные требования и рекомендации к их конструктиву, количеству и учету при расчетах, что делает актуальным вопрос совершенствования и уточнения существующих методик по проектированию усиления стенок резервуаров горизонтальными кольцами жесткости.

Научная новизна исследования

– для резервуаров больших объемов установлены зависимости между гибкостью стенки и коэффициентом запаса ее устойчивости, использование которых, в отличие от ранее применяемых подходов, позволяет осуществить назначение рационального шага колец жесткости при достижении максимального коэффициента запаса устойчивости и минимальной металлоемкости стенки;

– для стенки с дефектом, в уточнение зависимости между ее гибкостью и коэффициентом запаса устойчивости, осуществлен учет угловатости вертикального монтажного сварного шва резервуаров, в виде влияния параметров его ширины и глубины на общую устойчивость стенки;

– для случаев оболочки с идеальной геометрией и с наличием типового дефекта в виде угловатости вертикального сварного шва, установлена закономерность, отличающаяся учетом влияния гибкости отдельных участков стенки с кольцевыми ребрами жесткости на общую устойчивость при учете реальной эпюры ветрового давления;

– установлены 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.

Основные научные результаты и значимость для науки и производства

Представленная на рассмотрение кандидатская диссертация состоит из одного тома объемом 165 страниц с иллюстрациями, содержит введение, пять разделов, с выводами по каждому из них, общие выводы, список использованных источников в количестве 125 наименований, а также приложения.

Во введении обосновывается актуальность темы и изложена общая характеристика работы. Определена цель, задачи исследований, дана характеристика объекта и предмета исследований, сформулирована научная новизна и практическая значимость результатов, полученных в диссертационной работе.

В первом разделе рассматривается состояние вопроса. Определены предпосылки и вся цепочка эволюции взглядов и методов по использованию колец

жесткости в качестве усиливающих элементов в конструкциях стальных вертикальных цилиндрических резервуаров. Проведен критический анализ методик отечественной и зарубежной школ проектирования на примере рассмотрения соответствующих нормативных документов по расчету вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления. По каждому рассмотренному нормативному документу определены достоинства и недостатки в части обеспечения устойчивости цилиндрических стенок резервуаров путем установки кольцевых ребер жесткости.

Во втором разделе приведена разработанная методика выполнения численных и экспериментальных исследований. Для достижения поставленной цели – разработки уточненной методики расположения колец жесткости подробно описана процедура и описаны результаты экспериментальной верификации численной модели. По ее результатам уточнены расчетные конечно-элементные модели для анализа случаев потери устойчивости оболочки. Разработан подход к проверке адекватности численной модели, позволяющей в дальнейшем проведение неограниченного количества испытаний.

В третьем разделе на основе полученной верифицированной модели в комплексе ЛИРА-САПР 2015 R4 было определено рациональное размещение колец жесткости по высоте стенки, с точки зрения обеспечения устойчивости, а также определено их рациональное количество для рассматриваемых типоразмеров резервуаров.

В четвертом разделе на основе полученной верифицированной модели были уточнены рекомендуемые гибкости участков и, соответственно, количество колец жесткости в случае наличия характерного дефекта.

В пятом разделе приводится алгоритм расстановки колец жесткости при расчете стенки резервуара на устойчивость и обосновываются рекомендуемые поправочные коэффициенты к аналитическим выражениям для расчета кольцевых критических напряжений потери устойчивости, используемым в нормативных документах.

В заключении сформулированы основные результаты по итогам приведенных в работе теоретических и численных исследований:

- предложена уточненная методика размещения колец жесткости по высоте стенки ВЦР, учитывающая в отличие от ранее разработанных, влияние изменения толщины стенки, фактическую неравномерность распределения ветровой нагрузки по поверхности стенки резервуара, и обеспечивающая максимальные значения коэффициента запаса устойчивости при одновременном снижении металлоемкости стенки. Уточненная методика размещения колец позволяет повысить устойчивость стенки на 4-7% по сравнению с рекомендациями нормативных документов при

одновременном сохранении либо снижении металлоемкости конструкции до 5% от общего веса;

– установлены граничные параметры дефекта угловатости вертикального сварного шва, при которых наблюдается максимальное снижение устойчивости стенки, на которую воздействует поперечная нагрузка (ветер и вакуум). Для зависимостей, полученных для оболочки с идеальной геометрией, разработана система корректирующих параметров (λ_1 (ДЕФ), k ДЕФ), позволяющих учесть влияние параметров дефекта на величину критических напряжений устойчивости.

– на основании проведенных исследований и полученных зависимостей предложены мероприятия, повышающие коэффициент для вычисления аналитических значений кольцевых критических напряжений по нормам СТО СА 03-002-2009 и СП16.13330.2017, при использовании методики размещения колец, приведенной в данной работе;

– результаты исследования нашли свое применение при проектировании технических решений по усилению конструкций силосов имеющих дефекты и повреждения с помощью тонкостенных металлических оболочек выполняемых ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект» в 2015 году (шифр проекта 20-1/15/45-15/8-ООЗС), а также в учебном процессе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» в лекционном курсе «Расчет и проектирование зданий и сооружений» для магистров направления 08.04.01 «Строительство» со специализацией «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертационном исследовании результаты и выводы имеют важное научно-практическое значение для использования при проектировании металлических конструкций особого типа, а также в учебном процессе.

Считаем целесообразным продолжить работу по тематике представленного исследования в направлении совершенствования методики оптимального размещения колец жесткости по высоте стенки резервуаров с дефектами и без.

Замечания по работе

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В рамках выполненного критического анализа на наш взгляд следовало бы большее внимание уделить публикациям и научному обоснованию положений нормативных документов, в которых рассматриваются особенности потери устойчивости при совместном действии осевых и кольцевых нагрузок.

2. Учитывая важность вопросов экспериментальной верификации расчетных моделей, положенных в основу дальнейших исследований в форме конечно-

элементного анализа напряженно-деформированного состояния, обоснование рассматриваемых в подразделе 2.1 методов физического и численного моделирования следовало бы выполнить более подробно и выделить в отдельный раздел работы.

3. Масштаб 1:100, использованный для физического моделирования, приводит к созданию очень малоразмерных моделей, для которых фиксация параметров напряженно-деформированного состояния происходит со значительным округлением. В приведенных результатах экспериментальных исследований следовало бы привести не только значения фиксируемых параметров, но и возможные пределы отклонения исследуемых величин.

4. Как отмечено в работе, для решения основной задачи – установления рационального шага кольцевых ребер жесткости, «...проводилось последовательное и системное моделирование различного количества колец», для чего был применен многоступенчатый анализ, написана программа для ЭВМ и т.д. Однако все это более строго можно было бы решить посредством применения процедуры оптимального проектирования, оптимизируя шаг ребер по критерию минимума массы стенки резервуара при известных ограничениях по прочности и устойчивости.

5. Исследование влияния дефекта в виде угловатости вертикального монтажного сварного шва выполнено в упрощенной постановке как в части назначения параметров дефекта (постоянные по всей высоте шва), так и примененного анализа в линейной упругой постановке. Более корректным было бы выполнение расчетов в геометрически и физически нелинейной постановке при рассмотрении работы оболочки с ярко выраженными несовершенствами (GMNI расчеты по терминологии ЕВРОКОД).

Перечисленные замечания во многом носят дискуссионный характер и конечно же не уменьшают ценности представленного исследования, а также положительной оценки диссертационной работы в целом.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом имеют существенное значение для строительной науки и практики обеспечения устойчивости стенок стальных вертикальных цилиндрических резервуаров на этапах проектирования и эксплуатации. Работа логически структурирована, ее содержание определяется поставленной целью и задачами исследования. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Цепляев Максим Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата

технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Отзыв ведущей организации подготовлен заведующим кафедрой строительной механики и конструкций Академии архитектуры и искусств Южного федерального университета, кандидатом технических наук, доцентом Кудиновым Олегом Александровичем.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры строительной механики и конструкций Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» «04» февраля 2020 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой
строительной механики и конструкций
к.т.н., доцент ФГАОУ ВО «ЮФУ»



О.А. Кудинов

Настоящим я, Кудинов Олег Александрович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени и отчества.

Заведующий кафедрой
строительной механики и конструкций
к.т.н., доцент ФГАОУ ВО «ЮФУ»
344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону,
ул. Б. Садовая, 105/42,
Тел.: +7 (863) 305-19-90
E-mail: info@sfnedu.ru
Сайт: https://www.sfnedu.ru



О.А. Кудинов

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись О. А. Кудинова

ЗАВЕРЯЮ:



Ведущий специалист по работе с персоналом
С. В. Манукин
« 23 » 02 20 20 г.