

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Зубенко Анны Васильевны «Формирование ветровой нагрузки на элементы вертикального цилиндрического резервуара с учетом особенностей конструктивной формы и блочного расположения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.**

### **Актуальность работы для науки и практики**

Строительные сооружения в виде вертикальных тонкостенных цилиндров с различными типам кровли имеют самую высокую степень распространения в целом ряде промышленных и сельскохозяйственных производственных отраслей – горнодобывающей нефтегазовой, химической, сельскохозяйственной, пищевой. В частности, насущные потребности в дальнейшем совершенствовании подходов к проектированию таких сооружений, к расчетам их надежности и прочности, к технологиям возведения конструкций в виде тонких металлических оболочек цилиндрической формы, обусловлены их применением в качестве резервуаров низкого давления для хранения больших объёмов жидкостей. Высокая эффективность создания и применения резервуаров такой конструкции доказана многолетней практикой, и вместе с тем, к их эксплуатационным характеристикам в современных условиях предъявляются все более высокие требования по надежности при различных типах воздействий.

При значительном мировом опыте изучения работы таких конструкций дальнейшие усилия исследователей во многом направлены на повышение точности прочностных расчётов цилиндрической стенки как фактора оптимизации по комплексу требований их прочности и металлоемкости с учетом воздействий, в числе которых **особо важным является учет ветровой нагрузки**. В свою очередь, применяемые на практике инженерные методики описания ветровой нагрузки, большей частью, базируются на результатах

экспериментальных исследований, которыми обосновываются значения поправочных коэффициентов к результатам применения идеализированных теоретических расчетных схем для отдельно расположенных резервуаров. При этом вычислительные модели, на которых строится методика расчёта в части учета формы распределения ветрового потока при обтекании ним группы близко расположенных ввиду сложности не нашли должного отражения в выполненных исследованиях, а соответственно, и не конкретизируются в современных нормах проектирования. Это же соображение касается методик расчетов, связанных с использованием в сооружениях данного класса модифицированных видов кровли, в частности провисающего мембранного типа.

Таким образом, учитывая принадлежность вертикальных цилиндрических тонкостенных резервуаров к ответственным сооружениям массового строительства, требующим повышенного эксплуатационного контроля, постоянного обновления и ремонта, выбранная тематика диссертационного исследования является актуальной и своевременной как для науки, так и для практики их расчета и проектирования. Совершенствование методик нормирования ветровой нагрузки, действующей на стенку и кровлю вертикальных цилиндрических резервуаров в случае их группового расположения, позволит не только повысить проектную и эксплуатационную надёжность, но оптимизировать металлоёмкость таких конструкций, что в целом является инструментом влияния на суммарную экономическую эффективность применения инженерных сооружений этого типа в различных отраслях промышленности.

### **Анализ содержания диссертации**

Диссертация А.В. Зубенко состоит из одного тома объёмом 246 страниц, содержит введение, пять разделов, с выводами по каждому из них, общие выводы, список использованных источников в количестве 124 наименований, а также приложения. По теме диссертации автором самостоятельно и в соавторстве

опубликовано 16 работ, в которых с достаточной степенью полноты 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 приведены доводы, обосновывающие достоверность полученных результатов. Можно отметить, что поставленные задачи являются логически последовательно выстроенными и охватывают достаточный спектр вопросов, решение которых приводит к достижению поставленной цели диссертационного исследования.

Первая глава посвящена детальному анализу основных подходов, заложенных в методики вычисления аэродинамических коэффициентов, используемых в современных нормативных документах России, США, других стран для конструктивных элементов резервуара. В рамках выполненного критического анализа автором проведено сравнение существующих отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих требования к формированию ветровой нагрузки на вертикальные цилиндрические резервуары. В целом, материал первой главы в значительной мере является расширенным и детализированным обоснованием и подтверждением актуальности и спектра представляемых 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 является сформированный методический подход, обеспечивающий корректное отображение физических процессов обтекания ветровым потоком для модели резервуара в аэродинамической трубе, и заключающийся в обеспечении условия

геометрического подобия модели и природы. На основе экспериментальной верификации для модели с известными аэродинамическими характеристиками, составлена методика и план экспериментальных исследований для моделей ВЦР с различными типами конструктивной формы кровли, с обособленным расположением и в группе.

Третий и четвёртый разделы посвящены решению основных задач исследования, а именно – экспериментальному и численному уточнению значений аэродинамических коэффициентов на верифицированных моделях. Автором определены уточненные значения аэродинамических коэффициентов для конструктивных элементов резервуаров с провисающим типом покрытия при одиночном расположении, и также определены коэффициенты для резервуаров с выпуклой и провисающей конфигурацией кровли с учетом их группирования.

В пятом разделе автор приводит разработанную на основе результатов численных исследований уточненную методику нормирования ветровой нагрузки на элементы конструкций ВЦР как для известных конструктивных решений (случай отдельно стоящего резервуара с выпуклой сферической кровлей), так и для новых конструктивных типов, таких как ВЦР с провисающим покрытием в случаях одиночного расположения и в группе.

**Основная научная новизна** выполненных исследований заключается в установлении новых значений аэродинамических коэффициентов для основных конструктивных элементов вертикального цилиндрического резервуара, являющихся функциями его основных геометрических параметров, применительно к случаям использования нового типа кровли и блочного расположения четырех резервуаров.

**Практическая значимость** результатов работы заключается в создании разработанной уточненной методики нормирования ветровой нагрузки для случаев, не охваченных действующими нормами проектирования данного класса сооружений и получении основе ее использования табулированных значений соответствующих расчетных коэффициентов. Полученные результаты

обеспечивают возможность алгоритмизации проводимых расчетов по определению ветровых нагрузок при анализе напряженно-деформированного состояния объектов с использованием метода конечных элементов на базе применения программного комплекса SCAD Office.

### **Замечания по работе**

По содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В критическом анализе ранее выполненных исследований, изложенном в рамках 1-й главы диссертации, автором большое внимание уделено базовым и последним по времени выхода в свет работам в области строительной аэродинамики. Вместе с тем, автором практически не рассматривались как фундаментальные классические работы по аэро- и гидродинамике, ставшие основой для практической реализации в решении задач архитектурно-строительной аэродинамики и фундаментом методик, заложенных в современных нормах строительного проектирования, так и работы по опыту решения подобных задач в смежных отраслях.

2. В таблице 1.7 на стр. 36 текста диссертации автором приведены основные модели турбулентности, которые применяются при моделировании аэродинамических процессов. Однако каких-либо объяснений как в части дальнейшего использования одной из моделей для разрабатываемой методики уточнения ветровых давлений, так и значимости этого эффекта при объяснении аэродинамически релевантных явлений соседних объектов группы, изложенных на рис. 2.1.6 и в разделах 3.2, 3.3, 4.2, 4.3, не приводится.

3. Несмотря на то, что провисающая мембранная стабилизированная кровля классифицируется в исследованиях, как «новый тип покрытия», для которого исследуются аэродинамические коэффициенты в случаях отдельно стоящего и группового расположения резервуаров, пределы изменения провисания кровли никак не обосновываются и варьируются в сравнительно малых пределах ( $f/D = 1/30...1/40$ ), что ограничивает возможность их применения в практике проектирования.

4. Несмотря на то, что работа защищается в рамках научной специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения, автором практически не приводятся оценки влияния уточненных значений аэродинамических коэффициентов на конечное напряженно-деформированное состояние элементов конструкции ВЦР и важность их учета в расчетах прочности и устойчивости (некоторое исключение составляют лишь «Рекомендации...», приведенные в приложениях к работе).

5. Имеются отдельные замечания по оформлению текста работы, в частности лексические неточности в формулировках на стр. 4 – 6, погрешности в обозначениях на рис. 1.12 на стр. 41.

Указанные замечания в принципиальном плане не влияют на общую положительную оценку результатов диссертационного исследования.

### **Заключение**

Диссертация «Формирование ветровой нагрузки на элементы вертикального цилиндрического резервуара с учетом особенностей конструктивной формы и блочного расположения» представляет собой последовательно изложенную, логически завершенную научно-исследовательскую работу, посвященную решению актуальной научно-технической задачи в области проектирования и эксплуатации строительных конструкций, зданий и сооружений. Научные результаты, полученные диссертантом, обладают достаточной степенью научной новизны, имеют существенное значение для строительной науки и практики проектирования в части теоретического и экспериментального обоснования уточненной методики нормирования ветровой нагрузки на поверхности элементов вертикальных цилиндрических резервуаров для новых провисающих типов покрытия при их одиночном и групповом расположении. Выводы и рекомендации, приведенные в работе, в достаточной степени обоснованы, а высказанные замечания не снижают их научной новизны и практической значимости. Содержание и результаты проведенных исследований отвечают паспорту научной специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.



Работа удовлетворяет требованиям п.2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Зубенко Анна Васильевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.

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

Официальный оппонент

Сторожев Валерий Иванович

доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной и инновационной  
деятельности, заведующий кафедрой  
теории упругости и вычислительной  
математики имени акад.

А.С. Космодамианского ГОУ ВПО

«Донецкий национальный университет»

ДНР, 83001, г. Донецк,

ул. Университетская, 24

Тел. +380 62 302-07-22

E-mail: science.prorector@donnu.ru

Сайт: www.donnu.ru



В.И. Сторожев



УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
И. МИХАЛЬЧЕНКО