

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Зверева Виталия Валентиновича на диссертацию Титкова Сергея Олеговича  
на тему: «Уточнение ветровой нагрузки на башенные металлические градирни с  
учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

### **Актуальность темы исследования**

Строительные сооружения в виде башенных каркасно-обшивных металлических градирен с различной конструктивной формой имеют высокую степень распространения в целом ряде промышленных производственных отраслей - нефтегазовой, химической, пищевой, черной и цветной металлургии. В частности, насущные потребности в дальнейшем совершенствовании подходов к проектированию таких сооружений, к расчетам их надежности и прочности, к технологиям возведения конструкций, обусловлены их применением в неотъемлемой части технологического цикла различных предприятий. Высокая эффективность создания и применения градирен 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 башенных градирен 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 градирен. При этом вычислительные модели, на которых строится методика расчёта в части учета формы распределения ветрового потока при обтекании ним башенных металлических градирен на стадии монтажа не нашли должного отражения в выполненных исследованиях, а соответственно, и не конкретизируются в современных нормах проектирования.

Таким образом, учитывая совершенствование методик нормирования ветровой нагрузки, действующей на башенные металлические отдельно стоящие градирни с учетом монтажных стадий, позволит повысить проектную и эксплуатационную надёжность.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертационной работе, подтверждается использованием корректных современных методов компьютерного моделирования и применением современного оборудования при проведении модельных экспериментальных исследований. Помимо этого, обоснованность результатов подтверждается апробацией основных результатов исследований на научных, научно-практических конференциях, в опубликованных работах, внедрением в образовательную и проектную деятельность.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованной литературы (157 наименований) и приложений. Общий объем работы составляет 179 страниц, в том числе 127 страницы основного текста, 31 полных страниц с рисунками и таблицами, 15 страниц списка использованной литературы, 52 страницы приложений.

Во **введении** изложена общая характеристика работы, представлено обоснование актуальности темы, сформулированы цели и задачи исследований, представлены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна, практическая ценность результатов работы, а также методология и методы исследования. Указана связь диссертационных исследований с научно-исследовательскими работами кафедры.

В **первом разделе** представлен анализ состояния вопроса. Дана оценка принципиальных конструктивных решений башенных каркасно-обшивных металлических градирен. Выполнен критический анализ существующих методик расчета конструкций металлических градирен, на основании которого сделаны выводы о не полноте решения научно-технической задачи. Проанализированы подходы к численным методам исследования ветрового воздействия и их реализация в современных программных комплексах. Проведен анализ экспериментальных исследований ветрового воздействия и их реализация.

В завершение раздела на основании выполненного критического анализа сформулированы цели, задачи и методы исследования, применяемые в работе.

Разработанная структурно-логическая схема исследований дает представление об особенностях проведения исследований.

Во **втором разделе** представлено обоснование возможности использования выбранных автором методик выполнения численных и экспериментальных исследований для нахождения и верификации распределения эпюр ветрового воздействия.

Рассмотрены критерии подобия физического моделирования, описана

программа проведения модельных экспериментальных исследований в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1. Обоснован выбор базового программного комплекса для численного решения задачи обтекания ветровым потоком башенных градирен.

**В третьем разделе** представлены результаты выполненных модельных экспериментальных исследований в лаборатории строительной аэродинамики «ДОННАСА». Автором проведен впечатляющий объем экспериментальных исследования модельного характера, основной задачей которых является определение локальных аэродинамических коэффициентов и характер их распределения по поверхности моделей с учетом конструктивной формы и этапов возведения сооружения. Выполнена визуализация обтекания моделей ветровым потоком, с последующим описанием характера течения воздуха вблизи испытываемой модели.

**В четвертом разделе** представлены результаты численных исследований обтекания и распределения эпюр ветрового воздействия по средствам Computational Fluid Dynamics моделирования. Выполнена верификация экспериментальных и численных аэродинамических исследований. Получены эпюры распределения ветрового воздействия на башенные каркасно-обшивные градирни с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения. Также приведены результаты статистической выборки распределения температурных полей и технологической наледи, полученной автором на натурном объекте. Проведены дополнительные экспериментальные исследования по определению характера распределения технологической наледи. Приведены результаты численных исследований методом конечных элементов с последующим анализом влияния на НДС от полученных ветровых и технологических нагрузок.

**В пятом разделе** приведены рекомендации по применению обобщенных систематизированных результатов нагрузок, полученных численным и экспериментальными методами исследования с учетом особенностей конструктивной формы и этапов жизненного цикла металлических градирен. Приведено графическое исполнение и аппроксимирующие выражения огибающих эпюр ветрового воздействия с учетом сезонности работы башенных каркасно-обшивных градирен и последовательности возведения.

Следует отметить значительный практический интерес применения разработанной методики по применению полученных ветровых нагрузок на каркасно-обшивные башенные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и процесса возведения.

По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

**В выводах** изложены основные результаты проведенного диссертационного исследования.

Корректность изложения научного материала, наглядная иллюстрация полученных результатов в виде таблиц, графиков и структурных схем позволяют объективно оценивать содержание, выводы и значимость проведенных научных исследований.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

К основным научным результатам, полученных автором, следует отнести:

- значения и характер распределения локальных аэродинамических коэффициентов  $C_p$  для конструктивных форм башенных каркасно-обшивных металлических градирен, не регламентированных в нормативных документах с учетом монтажных стадий;

- значения и характер распределения локальных аэродинамических коэффициентов  $C_p$  отличаются от предлагаемых в нормативных документах пиковых значений при активном давлении от 30% до 50%, протяженностью области и зон с отрицательными давлениями, возникающими при сходе вихря;

- параметры распределения локальных аэродинамических коэффициентов  $C_p$  с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения башенных каркасно-обшивных градирен;

- получены на основе численных исследований параметры ветрового воздействия для различных конструктивных форм БМГ с учетом этапов возведения;

- разработаны рекомендации по применению полученных ветровых нагрузок на каркасно-обшивные башенные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и процесса возведения, отличающиеся от ранее применяемых.

### **По диссертации имеется ряд замечаний:**

1. При эксплуатации пространственных стержневых систем начальные несовершенства элементов и геометрии объекта в целом часто становятся причиной разрушения конструкции. Учитывались ли такие несовершенства при численном моделировании градирен и в теоретических расчетах.
2. В работе не приведены коэффициенты подобия на геометрические размеры, нагрузки и модуль упругости материала градирен при переходе от реального объекта к исследуемым моделям и наоборот.
3. Изучался ли вопрос крепления обшивки? Или этой проблемы не существует?
4. При циклических загрузениях, в том числе, ветровой нагрузкой, обычно

рассматривают вопросы усталостной прочности. В материалах диссертации об этом ничего не говорится. Проводились ли исследования на усталостную прочность элементов конструкций башенных градирен?

5. В четвертом разделе указано, что значение аэродинамического коэффициента в процессе монтажа может быть на 30 % выше по сравнению со стадией эксплуатации. Требуются ли специальные мероприятия по обеспечению несущей способности и деформативности конструкций на стадии возведения?
6. Автором получены данные о влиянии конструктивной формы на локальные аэродинамические коэффициенты, которые можно использовать при оценке ветрового воздействия на существующие градирни. Позволяют ли полученные на основании этих исследований результаты рекомендовать выбор пирамидального или гиперболического очертания градирни при новом строительстве?
7. Из работы не ясно, сравнивалась ли реализуемая методика уточнения ветровой нагрузки на башенные каркасно-обшивные градирни с требованиями зарубежных норм.
8. В списке использованной литературы крайне мало отечественных источников за последние годы. В 1 разделе приведен анализ публикационной активности по зарубежным статьям, где также отмечается существенное снижение. Как это объяснить? Отсутствует интерес к этому направлению?


### **Заключение**

Диссертация «Уточнение ветровой нагрузки на башенные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения» 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 высокой степенью научной новизны, имеют существенное значение для строительной науки и практики проектирования, в частности, теоретического и экспериментального обоснования методики нормирования ветровой нагрузки на башенные каркасно-обшивные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и процесса возведения при их одиночном 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 требованиям п.2.2 «Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор Титков Сергей Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения.

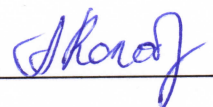
Настоящим я, Зверев Виталий Валентинович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент  
Заведующий кафедрой металлических конструкций  
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный  
технический университет»  
доктор технических наук, профессор

 В.В. Зверев

Подпись заведующего кафедрой металлических конструкций ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» доктора технических наук, профессора Зверева Виталия Валентиновича заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
к.т.н., доц.

 А.С. Колобанов

Контактные данные: ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», 398055, РФ. г. Липецк, ул. Московская, д. 30; телефон +7 (4742) 328-000;  
E-mail: mailbox@stu.lipetsk.ru

