

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Института  
архитектуры и строительства по  
научной работе Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования

Волгоградский государственный  
технический университет»

д.т.н. профессор

Бурлаченко О.В.

«07» февраля 2023

### ОТЗЫВ

ведущей организации по диссертации Титкова Сергея Олеговича на тему «Уточнение ветровой нагрузки на башенные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

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

Ветровая нагрузка является ключевым фактором в формировании общего напряженно-деформированного состояния башенных сооружений. Автором исследован характер обтекания ветрового потока внешней поверхности сооружений башенных металлических градирен (БМГ). БМГ по конструктивному типу представляют собой пространственные решетчатые каркасно-обшивные конструкции. Для такого типа конструкций одним из основных сценариев достижения предельного состояния является потеря устойчивости, в том числе под действием ветровой нагрузки. Существующие в инженерной практике подходы и методики расчета ветровой нагрузки несовершенны и требуют новых, современных решений. В настоящей работе затрагивается важнейший вопрос учета влияния конструктивной формы и этапности строительства башенных сооружений на расчетные значения ветровой нагрузки. При решении поставленной задачи автором рассматривается два типа конструктивных форм БМГ – градирни пирамидальной и гиперболической формы с различным количеством граней в поперечном сечении. Учитывая широкое распространение в практике и высокий уровень ответственности рассматриваемых сооружений, выбранная тема исследования имеет высокую научную и практическую значимость. Решение указанных задач уточнения аэродинамических характеристик достигается применением аналитических и экспериментальных методов. В последнее время с увеличением мощностей многопроцессорных вычислительных систем существенно расширились возможности численных методов моделирования аэродинамических процессов за счет применения компьютерного моделирования.

Потребности проектирования современных, надежных конструкций БМГ в сочетании с возможностями современных вычислительных систем делают возможным и необходимым решение актуальной научно-технической задачи уточнения ветровых воздействий на конструкции БМГ ряда конструктивных форм как на стадии эксплуатации, так и на этапах строительства.

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

Основные результаты, полученные автором, представляющие научную новизну работы,

состоят в следующем:

- получены значения критериев подобия при исследовании ветрового воздействия на башенные каркасно-обшивные градирни, при этом выявлена независимость аэродинамического коэффициента  $C_p$  от числа Рейнольдса  $Re$  в пределах от  $2.71 \times 10^5$  до  $3.29 \times 10^5$ ;
- получены 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;
- полученные 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;
- определено распределение локальных аэродинамических коэффициентов  $C_p$  с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения башенных каркасно-обшивных градирен.

Выполнены численные исследования ветрового воздействия для различных конструктивных форм БМГ с учетом этапов возведения в программном комплексе Autodesk CFD, что позволило:

- верифицировать экспериментальные данные, полученные в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1;
- верифицировать создание установки для визуализации обтекания испытуемых моделей ветровым потоком методом лазерного ножа, позволяющим оценить характер обтекания моделей и реализовать выбор наиболее подходящей теории расчета обтекания данного вида сооружений;
- провести выбор и обоснование теории Reynolds Averaged Navier-Stokes SST  $k-\omega$  DES расчета, наиболее точно описывающего характер обтекания расчетных моделей ветровым потоком.

На основании обобщения и систематизации численных и экспериментальных исследований 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:

- возможностью нормирования ветровой нагрузки для БМГ с учетом этапов возведения;
- возможностью нормирования ветровой нагрузки для БМГ с учетом сезонной работы сооружения.

Практическое значение результатов работы определяется тем, что:

- на основе экспериментальных данных получены выражения для вычисления уточненных аэродинамических коэффициентов для башенных каркасно-обшивных металлических градирен с учетом эксплуатации в зимний и летний период времени;
- получены выражения для вычисления уточненных аэродинамических коэффициентов для башенных каркасно-обшивных металлических градирен с учетом особенностей конструктивной формы и процесса возведения;
- для башенных металлических каркасно-обшивных градирен площадью орошения до  $1600 \text{ м}^2$  разработана уточненная методика нормирования ветровой нагрузки с учетом особенностей конструктивной формы и процесса возведения.

Основные результаты исследований автора опубликованы в 5 статьях, входящих в перечень специализированных изданий, утвержденных ВАК МОН ДНР.

Результаты исследования внедрены в ООО «Научно-производственное предприятие «ДОНТЕХЭКСПЕРТ», г. Донецк, для составления программы обследования и оценки остаточного ресурса и эксплуатационной пригодности башенной градирни №4 цеха улавливания химических продуктов коксования филиала №6 «Ясиновский коксохимический завод». Работа выполнялась по договору №666\_50 от 09.09.2019 г. Результаты диссертационной работы приняты для проектирования металлических башенных каркасно-обшивных градирен в ООО «ГПК ИНЖИНИРИНГ», г. Донецк.

## Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать:

- при разработке проектов отдельно стоящих башенных металлических каркасно-обшивных градирен площадью орошения до 1600 м<sup>2</sup>;
- при определении остаточного ресурса и эксплуатационной пригодности отдельно стоящих башенных металлических каркасно-обшивных градирен площадью орошения до 1600 м<sup>2</sup>;
- при разработке выпускных квалификационных работ студентами по направлению «Строительство».

## Общие замечания

– согласно названию, работа посвящена уточнению ветровой нагрузки, а приведены только результаты исследования изменения внешнего аэродинамического коэффициента; отметим, что ветровая нагрузка включает в себя ещё ряд вопросов: в целом динамическую реакцию на действие ветра, внутреннее разрежение, аэродинамическую неустойчивость и др.;

– из текста работы не ясно чем отличается методика проведения модельных экспериментальных исследований, разработанная автором для башенных градирен, от методики проведения модельных экспериментальных исследований других высотных зданий и сооружений, применяемая при обработке результатов моделирования в лаборатории строительной аэродинамики ГОУ ВПО «ДОННАСА»;

– в справочной литературе по расчету башенных градирен максимальное значение аэродинамического коэффициента составляет не более  $s = 1,75$ ; по данным работы соискателя (см. рис. 9 автореферата и ряда рисунков диссертации) значение аэродинамического коэффициента может достигать 2,5 для случая эксплуатации и до 3,5 для монтажного периода; проверялись ли данные на моделях различных размеров, выполнялось ли варьирование шероховатости внешней поверхности моделей и в каком диапазоне; для обоснования полученных результатов в тексте диссертации следовало бы привести сравнение с работами зарубежных авторов, о которых указано во введении, в частности с работами китайских коллег;

– график на рис. 23 автореферата следовало бы сделать крупнее, очень маленький шрифт;

– в автореферат следовало бы привести графики (или номограммы) распределения аэродинамического коэффициента для монтажных стадий, которые приведены в тексте диссертации;

– для выполнения практических расчетов в инженерной практике уточненную методику расчета на действие ветра следовало бы представить в виде четкого алгоритма или блок-схемы, а не только в виде уточненных зависимостей аэродинамического коэффициента.

## Заключение

Диссертация Титкова Сергея Олеговича представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную самостоятельно, на высоком профессиональном научном уровне, на актуальную тему и содержит новые научные результаты и положения в части развития знаний об уточнении ветровой нагрузки на башенные металлические градирни с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются данными экспериментальных исследований, которые выполнены в аэродинамической трубе МАТ-1 лаборатории строительной аэродинамики «ДОННАСА» с применением современных технологий и оборудования, применением нормативных методов статистической обработки данных экспериментов, а также соответствием численных исследований полученным экспериментальным данным с удовлетворительной сходимостью результатов.

Диссертационная работа на тему «Уточнение ветровой нагрузки на башенные

металлические градири с учетом особенностей конструктивной формы и этапов возведения» отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Титков Сергей Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений» Института архитектуры и строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» «26» января 2023 г., протокол №7.

Доктор технических наук, профессор,  
заведующая кафедрой строительных конструкций,  
оснований и надежности сооружений  
Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ \_\_\_\_\_

Пшеничкина Валерия Александровна

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры строительных конструкций,  
оснований и надежности сооружений  
Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ \_\_\_\_\_

Голиков Александр Владимирович

Институт архитектуры и строительства (структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»  
400074, Волгоград, ул. Академическая 1; телефон: (8442) 96-98-30  
E-mail: info@vgasu.ru

*Настоящим я, Пшеничкина Валерия Александровна, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, с указанием фамилии, имени, отчества.*

\_\_\_\_\_ Пшеничкина Валерия Александровна

*Настоящим я, Голиков Александр Владимирович, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.*

\_\_\_\_\_ Голиков Александр Владимирович

Личные подписи д.т.н., проф. Пшеничкиной Валерии Александровны  
и к.т.н. Голикова Александра Владимировича заверяю:

Секретарь Ученого совета Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение) ФГБОУ ВО ВолгГТУ,

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Савченко А.В.

*Настоящим я, Бурлаченко Олег Васильевич, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.*

Доктор технических наук, профессор  
Заместитель директора Института архитектуры  
и строительства по научной работе  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ \_\_\_\_\_

Бурлаченко Олег Васильевич

