



(21)-0432-1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БАШЕННУЮ ГИПЕРБОЛИЧЕСКУЮ ГРАДИРНЮ В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ С УЧЕТОМ МОНТАЖНЫХ СТАДИЙ

С. О. Титков¹, А. М. Югов², В. Н. Васильев³, Э. А. Лозинский⁴

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

E-mail: ¹ titkov7777@yandex.ru, ² amyrus@mail.ru, ³ wn1951@mail.ru, ⁴ biceps@bk.ru

Получена 21 октября 2021; принята 26 ноября 2021.

Аннотация. В статье представлены результаты проведенного комплексного исследования ветрового воздействия на двенадцатигранную башенную каркасно-обшивную металлическую градирню гиперболической формы. Под комплексными экспериментальными исследованиями подразумевается проведение ряда экспериментальных исследований, которые дополняют друг друга и помогают выстроить ход проведения дальнейших исследований, восполнить данные либо опровергнуть поставленные гипотезы и предпосылки обтекания ветровым потоком зданий и сооружений. Приведены результаты весовых тензометрических испытаний по нахождению полного аэродинамического коэффициента C_x , C_y , C_mz . Результаты проведенных дренажных экспериментов по нахождению локальных коэффициентов C_{p1} в характерных сечениях испытываемой модели. Результаты проведенных качественных экспериментов по визуализации ветрового воздействия. Данная работа проводилась с целью нахождения эпюр ветрового воздействия на гиперболическую башенную каркасно-обшивную металлическую градирню в период монтажа от замыкания к замыканию контура яруса для выявления наиболее неблагоприятных расчетных ситуаций влияния ветрового воздействия.

Ключевые слова: башенная металлическая градирня, гиперболическая форма, тензометрические весы, локальный коэффициент, велосиметрия, теневой метод.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРОВОГО ВПЛИВУ НА БАШТОВУ ГІПЕРБОЛІЧНУ ГРАДИРНЮ В АЕРОДИНАМІЧНІЙ ТРУБІ З УРАХУВАННЯМ МОНТАЖНИХ СТАДІЙ

С. О. Тітков¹, А. М. Югов², В. М. Васильєв³, Е. О. Лозинський⁴

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

E-mail: ¹ titkov7777@yandex.ru, ² amyrus@mail.ru, ³ wn1951@mail.ru, ⁴ biceps@bk.ru

Отримана 21 жовтня 2021; прийнята 26 листопада 2021.

Анотація. У статті представлені результати проведеного комплексного дослідження вітрового впливу на дванадцатигранну баштову каркасно-обшивну металеву градирню гіперболічної форми. Під комплексними експериментальними дослідженнями мається на увазі проведення низки експериментальних досліджень, які доповнюють одне одного і допомагають побудувати хід проведення подальших досліджень, доповнити дані або спростувати поставлені гіпотези та причини обтікання вітровим потоком будівель та споруд. Наведено результати вагових тензометричних випробувань щодо знаходження повного аеродинамічного коефіцієнта C_x , C_y , C_mz . Результати проведених дренажних експериментів

щодо знаходження локальних коефіцієнтів C_{pi} у характерних перерізах випробуваної моделі. Результати проведених якісних експериментів із візуалізації вітрового впливу. Дана робота проводилася з метою знаходження епор вітрового впливу на гіперболічну баштову каркасно-обшивну металеву градирню в період монтажу від замикавання до замикавання контура ярусу для виявлення найбільш несприятливих розрахункових ситуацій впливу вітрової дії.

Ключові слова: баштова металева градирня, гіперболічна форма, тензометричні ваги, локальний коефіцієнт, велосиметрія, тіньовий метод.

EXPERIMENTAL STUDY OF WIND IMPACT ON THE HYPERBOLIC COOLING TOWER IN THE WIND TUNNEL, TAKING INTO ACCOUNT THE INSTALLATION STAGES

Sergey Titkov¹, Anatoly Yugov², Vladimir Vasylev³, Eduard Lozinsky⁴

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: ¹ titkov7777@yandex.ru, ² amyus@mail.ru, ³ vn1951@mail.ru, ⁴ bicheps@bk.ru

Received 21 October 2021; accepted 26 November 2021.

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of wind impact on a twelve-sided frame-cladding metal cooling tower of hyperbolic shape. Comprehensive experimental research means a series of experimental studies that complement each other and help to build a course of further research, to complete the data or to refute the hypotheses and assumptions of the wind flow around the buildings and structures. The results of weight strain gauge tests to find the total aerodynamic coefficient C_x , C_y , C_{mz} , the results of conducted drainage experiments to find local coefficients C_{pi} in the characteristic sections of the tested model and the results of conducted qualitative experiments on visualization of wind impact are given. This work was performed with the purpose of finding the wind impact diagrams on the hyperbolic frame-type metal cooling tower during the installation period from closing to closing of the tier contour to identify the most unfavorable design situations of wind impact.

Keywords: hyperbolic metal cooling tower, hyperbolic shape, strain gauge balance, local coefficient, velocimetry, shadow method.

Введение

Исследование обтекания ветровым потоком зданий и сооружений проводится в аэродинамических трубах малых дозвуковых скоростей. Аэродинамическая труба – это установка, в которой моделируется искусственный прямолинейно направленный поток воздуха, направленный на установленную испытываемую модель. Для исследования обтекания зданий и сооружений используют метеорологические аэродинамические трубы, в которых моделируется приземный пограничный слой ветрового потока. В аэродинамических трубах получают значения полного давления посредством проведения весовых тензо-

метрических экспериментов, получение локальных коэффициентов давления в исследуемых областях испытываемой модели посредством дренажных экспериментов, изучение характера набегания ветрового потока на модель и получение характеристических данных обтекания испытываемой модели и образование завихрений посредством теневых методов или приближенного метода оценки завихрений метода шелковинки.

Перечисленные методы и данные, полученные при помощи экспериментальных исследований, должны выполняться и анализироваться в комплексе для получения полной картины влияния

ветрового потока на модель сооружения. Но выполнение полного комплекса исследования зачастую очень трудоемко. Трудоемкость проведения данных исследований складывается из:

- разработки и изготовления испытуемой модели;
- масштабирования испытуемой модели;
- проведения весовых тензометрических испытаний для предварительной оценки отклика модели и выбора скорости потока воздуха, при котором выполняется критерий подобия по Re [5; 10; 11; 13; 15];
- выбора количества и расстановки датчиков для определения локальных аэродинамических коэффициентов в характерных точках или областях испытуемой модели [13; 15];
- визуализации ветрового потока теневыми методами для определения характера обтекания испытуемой модели и подбора теории распределения для проведения численных расчетов [13–15].

От полноты проведения экспериментальных исследований зависит точность проведения верификационных численных исследований и выбора расчетно-теоретических предпосылок. Зачастую при проведении экспериментальных исследований по нахождению и оценке локальных коэффициентов ветрового давления мы ограничены количеством имеющихся в наличии интегрированных датчиков локального давления. При увеличении количества исследуемых точек увеличивается объем обрабатываемых данных. Соответственно увеличивается трудоемкость, время обработки и получения экспериментальных данных. Затрудняется представление полученных данных.

В этом случае нам помогают расчетные комплексы, в которых проводятся численные исследования влияния ветрового потока на испытуемую модель. Численные исследования рекомендуется выполнять на этапе планирования эксперимента для выбора масштаба и модельного ряда испытуемых моделей, а также выбора характерных точек исследования и верификации численного эксперимента с проведенными испытаниями в аэродинамической трубе. Численные методы исследования позволяют нам уменьшить трудоемкость проведения аэродинамических исследований путем численного моделирования характеристик аэродинамической трубы, профиля

потока набегающего воздуха и характеристик испытуемой модели, а также выбранной теории расчета. Расчетные комплексы позволяют нам оценить сходимость в выбранных исследуемых точках и получить полную картину обтекания всей модели с различными визуальными эффектами.

Объектом исследования является башенная металлическая градирня промышленного предприятия с естественной тягой воздуха. [4; 6–9; 12].

Предмет исследования

Предметом исследования в данной работе являются закономерности изменения аэродинамических коэффициентов для отдельно стоящей вытяжной башни каркасно-обшивной металлической градирни промышленного предприятия с учетом монтажных стадий.

Цель проведенного исследования

Нахождение экспериментальным путем действительных эпюр ветрового воздействия на гиперболическую башенную каркасно-обшивную металлическую градирню в период монтажа для выявления наиболее неблагоприятных расчетных ситуаций влияния ветрового воздействия.

Основная часть

Экспериментальные исследования аэродинамических коэффициентов проводились в метеорологической аэродинамической трубе МАТ-1, разработанной в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Характеристики МАТ-1 (рис. 1): рабочая часть закрытого типа – длина 4,8 м; ширина 1,0 м; высота 0,7 м; диаметр поворотного круга 0,9 м; максимальная скорость потока 20 м/с; 1 вентилятор мощностью 8 кВт, 220 В.

На рис. 3, 8, 13, 18, 23 представлена уточненная модель башенной металлической каркасно-обшивной градирни гиперболической формы с числом граней в плане 12 в масштабе 1:180 с соблюдением геометрического критерия подобия. Модель разработана с учетом стадийности монтажа вытяжной башни, то есть модель является сборно-разборной. Стадийность монтажа разбита по ярусам на пять стадий от замыкания карт

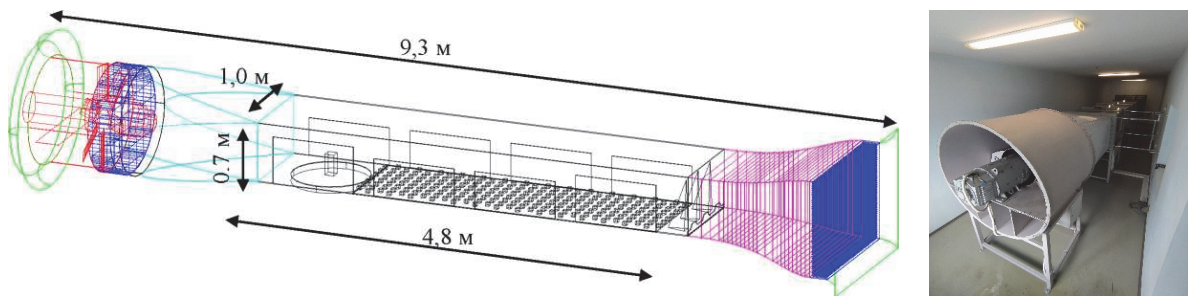


Рисунок 1. Метеорологическая аэродинамическая труба МАТ-1.

яруса до замыкания карт следующего яруса. Предполагается, что возведение вытяжной трубы выполняется укрупненными блоками со смонтированной обшивкой, данный метод монтажа распространен при строительстве подобных сооружений. На рис. 2 представлена зависимость коэффициента C_x от числа Re , данный график получен при проведении тензометрических экспериментальных исследований. Модель продувалась при различных скоростях ветрового потока от 3 до 16 м/с для нахождения заграничного числа Re , при увеличении, которого коэффициент лобового сопротивления C_x не изменяется. Для данной модели сооружения это скорость потока ветра от 8 до 16 м/с. Согласно [1–3] коэффициент лобового сопротивления двенадцатигранной призмы при любом угле атаки равен единице.

После проведения тензометрических испытаний и нахождения оптимальной скорости ветрового потока проводились дренажные испыта-

ния для нахождения локальных аэродинамических коэффициентов по контуру каждого яруса башенной металлической градирни. Датчики размещались как по внутреннему, так и по внешнему контуру сечения.

Для оценки влияния ветрового воздействия на определенные ранее монтажные стадии на рис. 4–7 приведены результаты полученных локальных аэродинамических коэффициентов на стадии эксплуатации в летний период времени. На рис. 4 представлен график распределения C_{r1} по внешнему контуру третьего яруса направление ветра на грань. Представленные данные аэродинамических коэффициентов по третьему ярусу наиболее характерно отражают картину обтекания ветровым потоком данного сооружения. График с максимальными значениями отражает пульсационную составляющую при сходе вихря, график с минимальными значениями отражает зеркальную сторону в то же самое время при сходе вихря. Так же на рис. 4

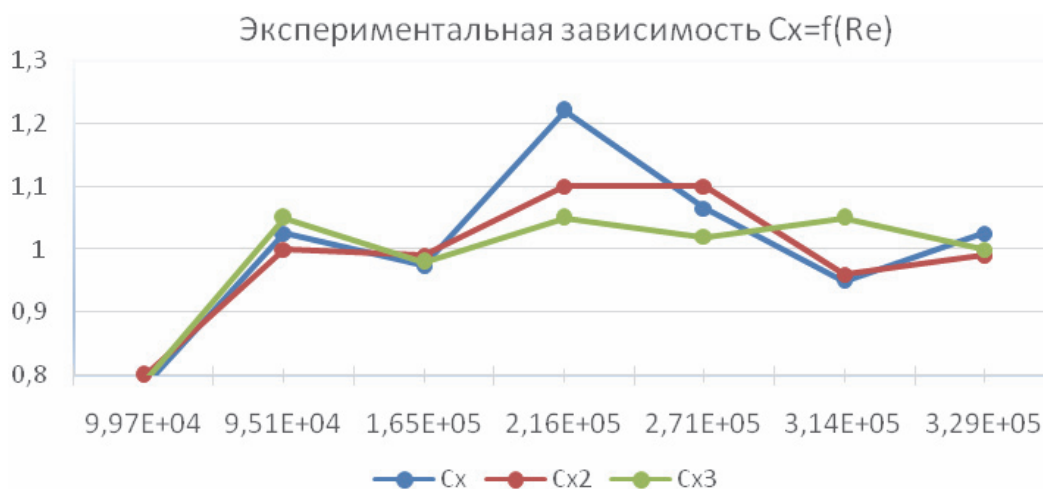


Рисунок 2. Экспериментальная зависимость $C_x = f(Re)$.

выведен средний показатель полученных значений. На графике максимальное значение составило 1,5, минимальное – 2,2, но на графике у максимальных значений от 38 до 75 градусов присутствуют характерные отклонения от нормального распределения при сравнении с распределением ветрового давления с цилиндром, которые не отражаются в нормах [1–2]. Графики для данного вида сооружений, представленные в [6], сглаженные и не имеют подобных отклонений. При первом рассмотрении данного явления можно оценить данные отклонения как ошибку. Но после проведения визуализации потока с высокоскоростной видеофиксацией и дальнейшей раскадровки полученного видео становится понятна природа появления данных отклонений. При зарождении большого вихря и до его отрыва от грани модели поверх большого вихря происходит сход трех маленьких вихрей, которые видны на рис. 4 график максимальных значений в виде минимумов на отрезке от 38 до 75 градусов при пульсации.

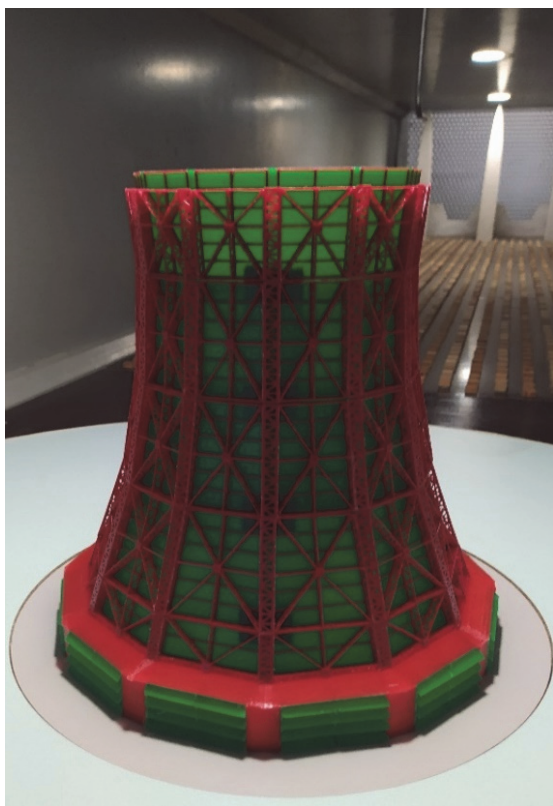


Рисунок 3. Макет башенной металлической градирни гиперболической формы площадью орошения 1 600 м² расположенный в рабочей части МАТ-1.

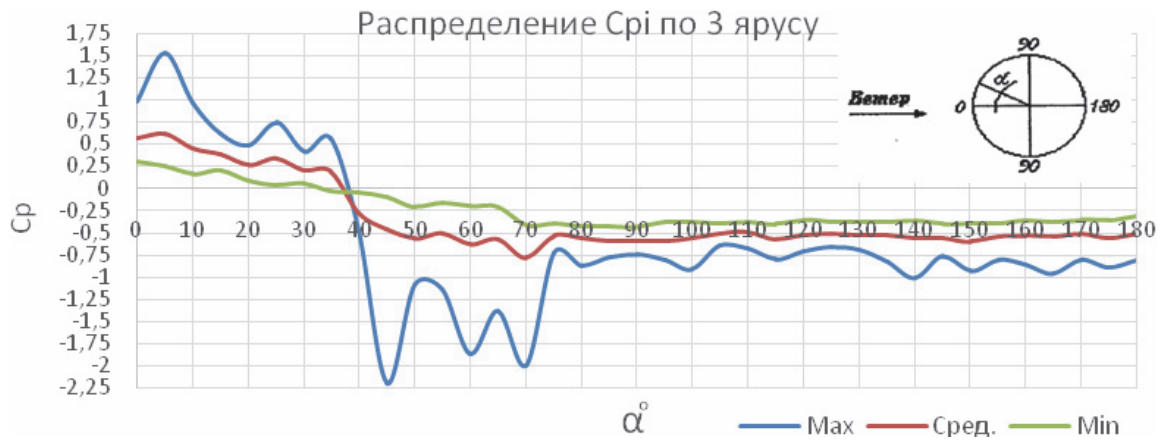
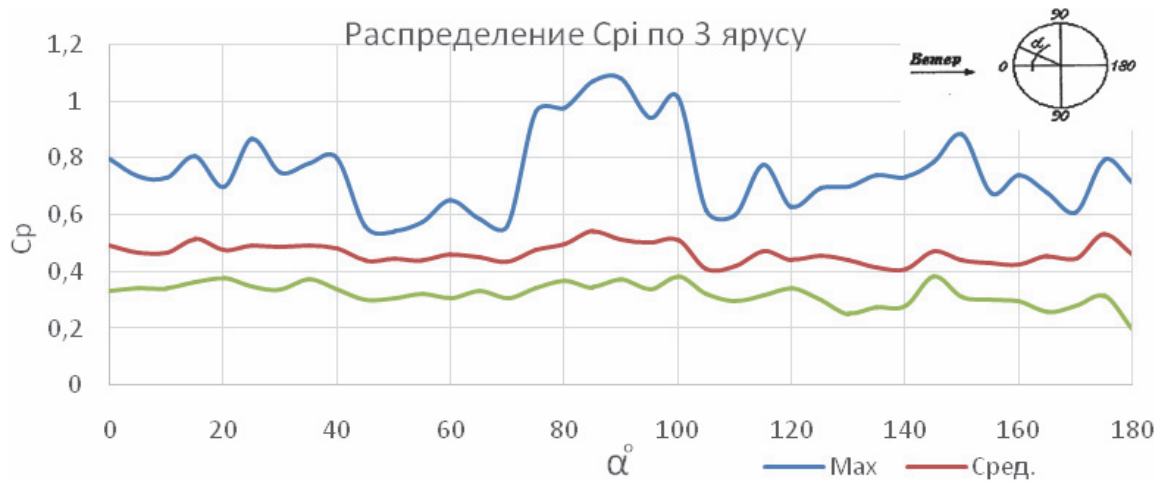
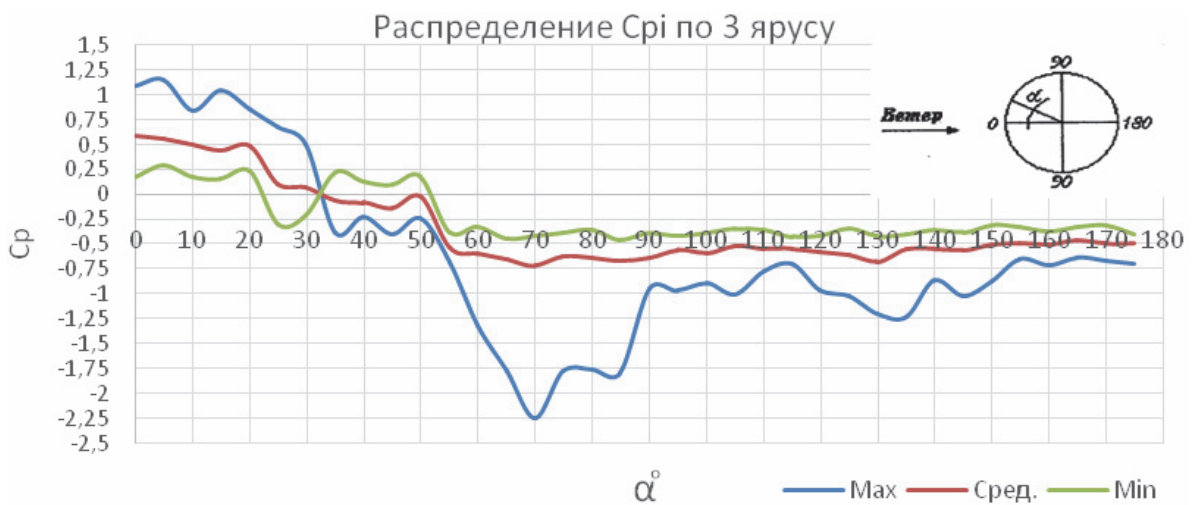
На рис. 5 представлены графики распределения внутреннего давления по контуру обшивки градирни. Согласно [4] при проектировании башенных металлических градирен данный коэффициент принимается равным 0,5. По полученным экспериментальным данным на рис. 5 осредненный аэродинамический коэффициент по контуру обшивки колеблется в районе 0,5. Следовательно, предположительно, в нормах [4] заложен осредненный показатель аэродинамических коэффициентов. Но с учетом пульсационной составляющей по экспериментальным данным данный коэффициент колеблется от 0,8 до 1,1. При оценке результатов по внутреннему контуру пятого яруса данный коэффициент колеблется от 2 до 2,5 за счет отрывных течений, возникающих у краев пятого яруса рис. 28–29.

На рис. 6–7 представлены результаты продувок на ребро градирни согласно нормам [1; 2; 4]. Данные сооружения требуется продувать на грань и ребро и по результатам аэродинамических испытаний в расчет принимать наиболее неблагоприятный вариант. На данных графиках также присутствуют отклонения, обусловленные сходом малых вихрей.

На рис. 8 представлена модель башенной металлической градирни без пятого яруса (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса). Также на рис. 9–12 представлены результаты экспериментальных данных распределения аэродинамических коэффициентов по внутреннему и наружному контуру градирни с учетом угла атаки ветрового потока на грань и ребро сооружения. При данной монтажной стадии значительно изменяется конструктивная форма сооружения соответственно и его аэродинамические свойства. При сравнении данных рис. 4 и рис. 9 становится понятно, что при данной монтажной стадии максимум возрос до 1,81, а минимум до – 3,3, также сместилось место приложения силы. На рис. 13–27 представлены данные по монтажным стадиям с тремя, двумя и одним ярусом, но данные монтажные стадии дают не существенный вклад в сравнении с эксплуатационными эпохами распределения аэродинамических коэффициентов.

Заключение

Проведенные экспериментальные весовые исследования показали высокую сходимость

Рисунок 4. Распределение C_p по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань.Рисунок 5. Распределение C_p по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань.Рисунок 6. Распределение C_p по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро.

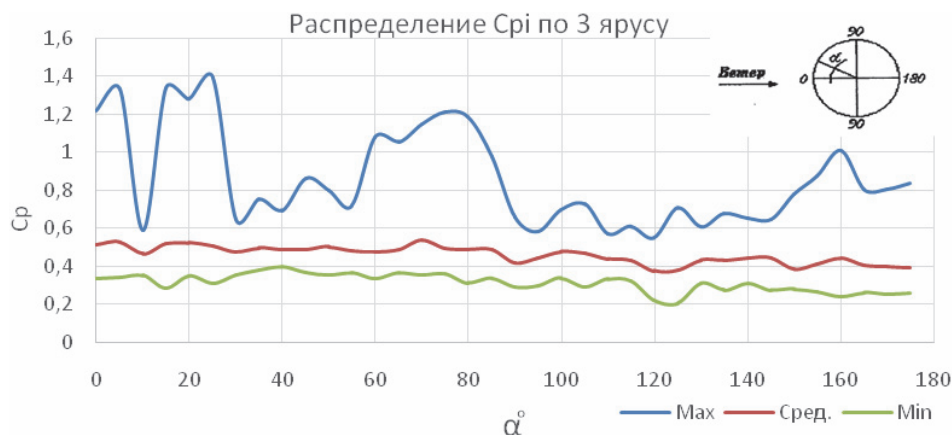


Рисунок 7. Распределение C_{p1} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро.

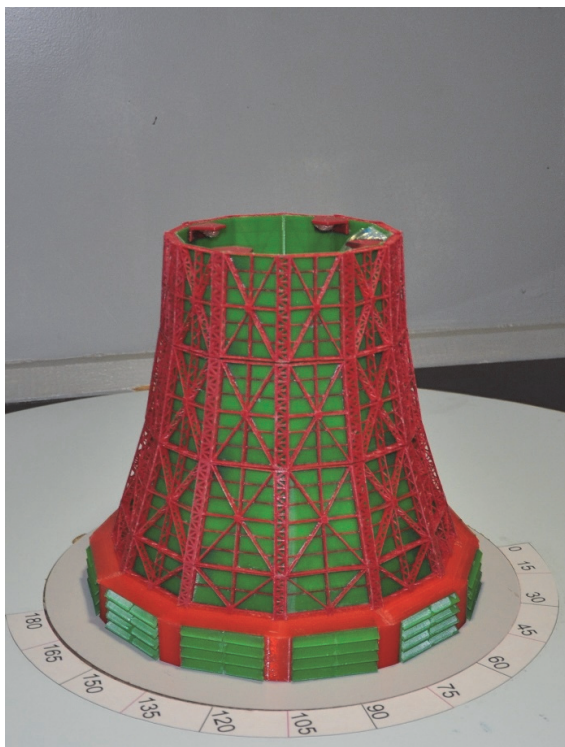


Рисунок 8. Макет башенной металлической градирни гиперболической формы площадью орошения $1\,600\text{ м}^2$, расположенный в рабочей части МАТ-1 (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса).

полученных результатов с нормативной базой до 95 %.

Дренажные экспериментальные исследования с учетом плотной расстановки датчиков по-

зволили уловить и оценить вклад, вносимый сходом малых вихрей, а визуализация ветрового потока позволила правильно воспринять полученные явления.

Исходя из проанализированных монтажных стадий наибольший вклад дает стадия замыкания четвертого яруса за счет кардинального изменения формы обтекания, при этом максимальное значение превышает эксплуатационную стадию на 21 %, а минимальная на 50 %, в результате изменяется длина и угол приложения аэродинамического воздействия.

Для более исчерпывающей оценки монтажной стадии требуется выполнить ряд прочностных расчетов с целью определения влияния полученных эпюр распределения ветрового воздействия на напряженно-деформированное состояние в период эксплуатации и монтажа.

Проанализированы и использованы такие методы, как тензометрические весовые исследования, метод дренирования моделей, методы визуализации ветрового потока велосиметрия или теневой метод, метод шелковинок.

Определена наиболее неблагоприятная расчетная ситуация набегания ветрового потока на грань градирни с учетом пульсационной составляющей.

Получены достоверные экспериментальные данные, позволяющие на их основе проводить проектирование либо оценку остаточного ресурса башенных металлических отдельно стоящих градирен.



Рисунок 9. Распределение Sr_1 по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса).



Рисунок 10. Распределение Sr_1 по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса).



Рисунок 11. Распределение Sr_1 по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса).



Рисунок 12. Распределение C_{p1} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт четвертого яруса).

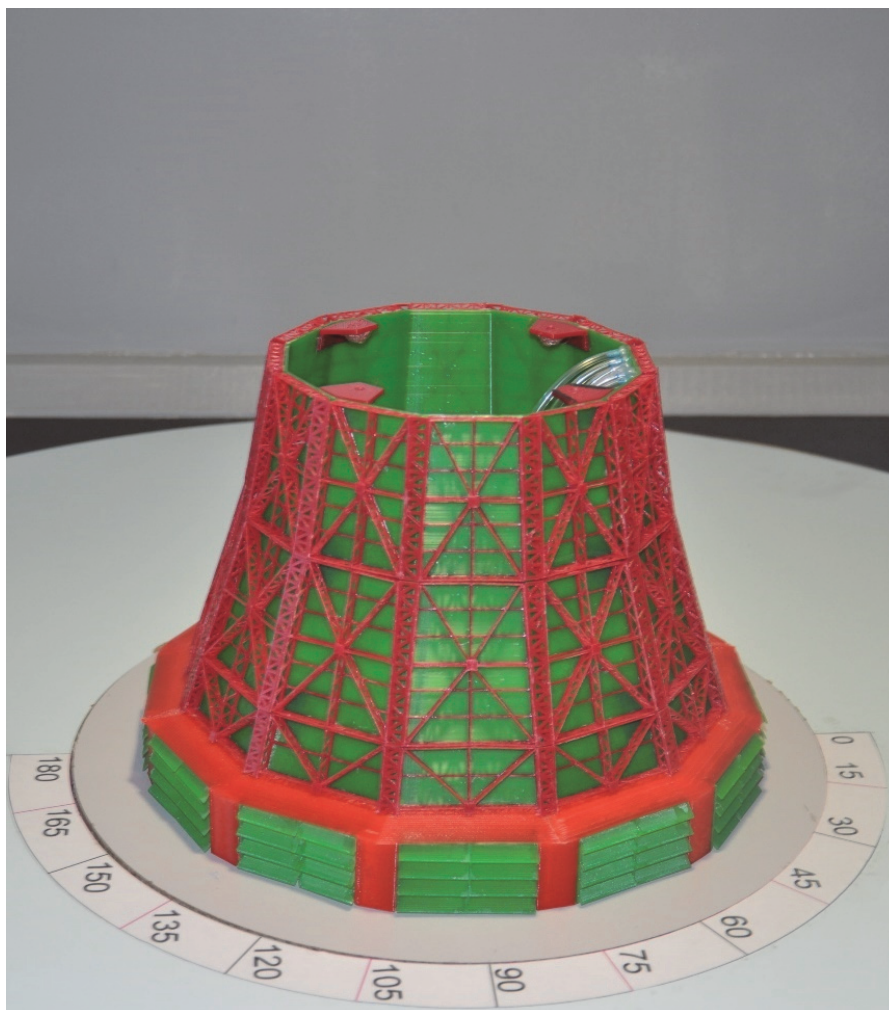


Рисунок 13. Макет башенной металлической градирни гиперболической формы площадью орошения 1 600 м², расположенный в рабочей части МАТ-1 (монтажная стадия – замыкание карт третьего яруса).



Рисунок 14. Распределение C_{pi} по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт третьего яруса).

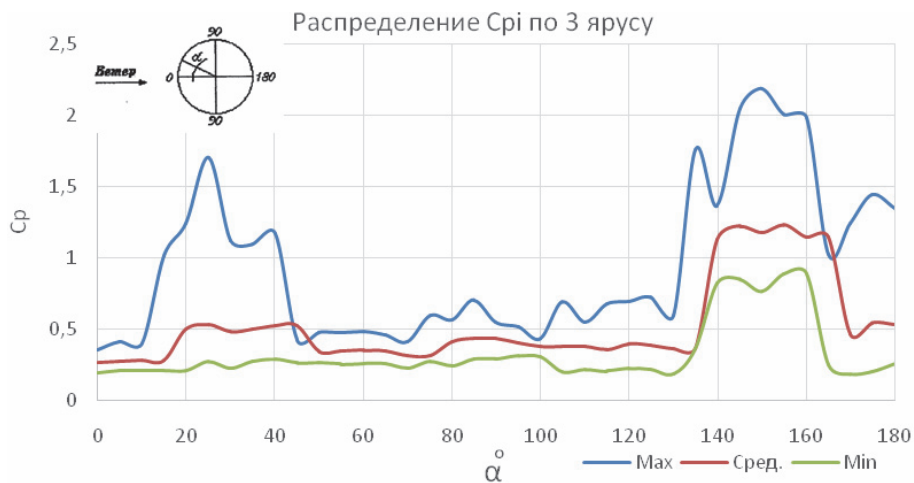


Рисунок 15. Распределение C_{pi} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт третьего яруса).



Рисунок 16. Распределение C_{pi} по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт третьего яруса).

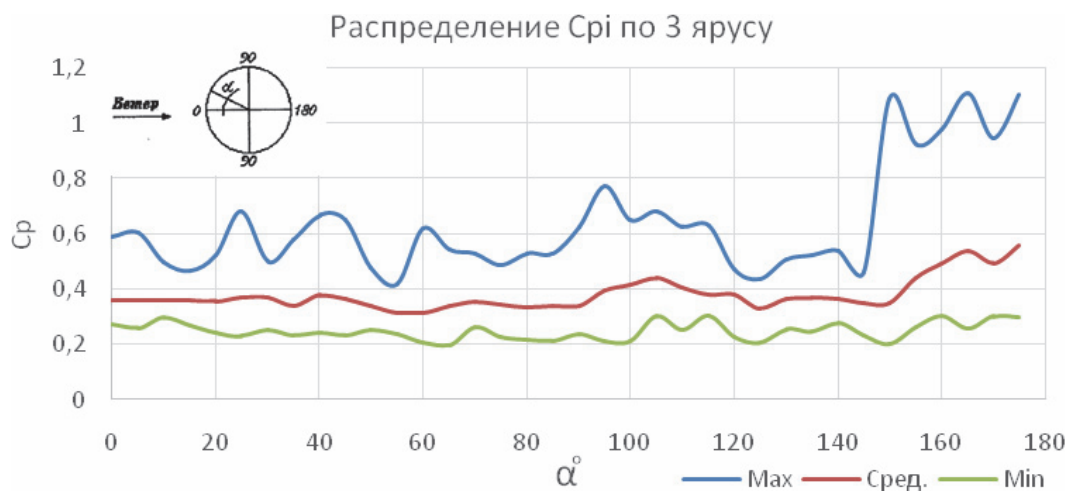


Рисунок 17. Распределение C_{pi} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт третьего яруса).

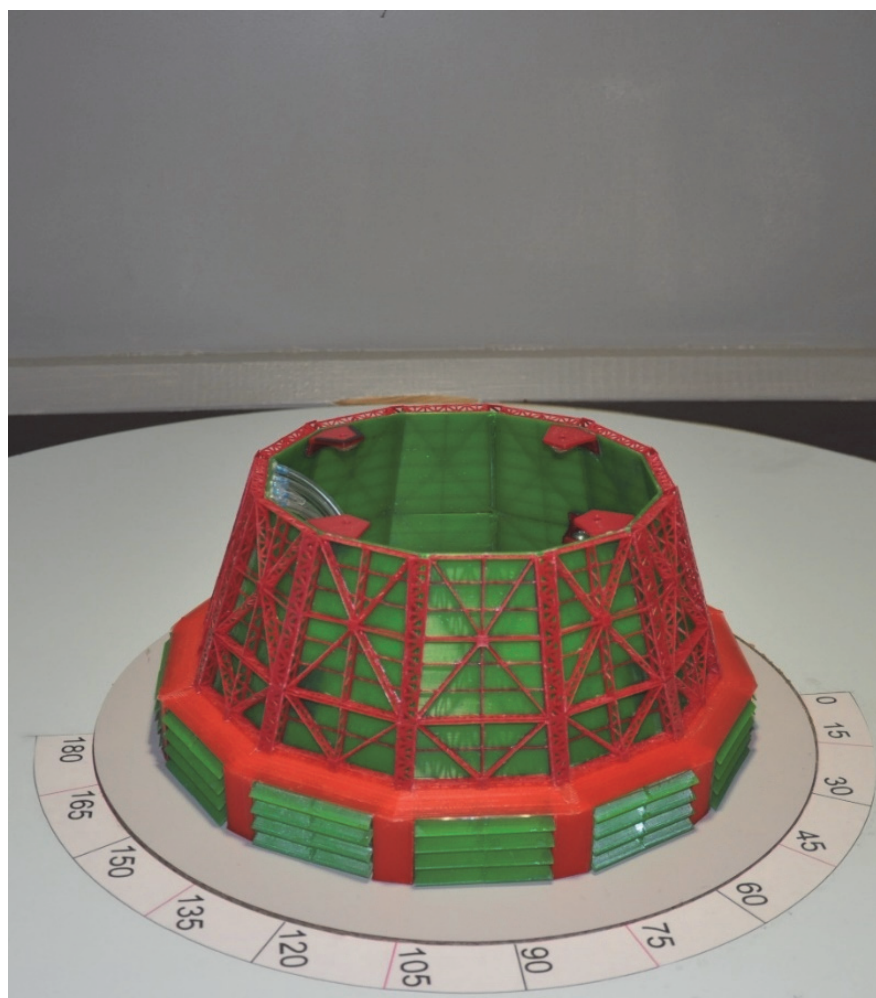


Рисунок 18. Макет башенной металлической градирни гиперболической формы площадью орошения 1 600 м², расположенный в рабочей части МАТ-1 (монтажная стадия – замыкание карт второго яруса).

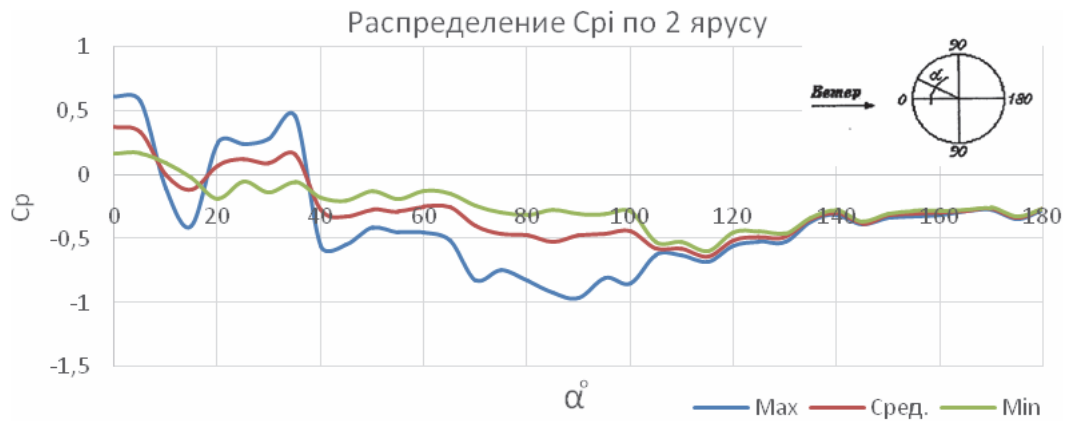


Рисунок 19. Распределение C_{p_i} по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт второго яруса).



Рисунок 20. Распределение C_{p_i} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт второго яруса).

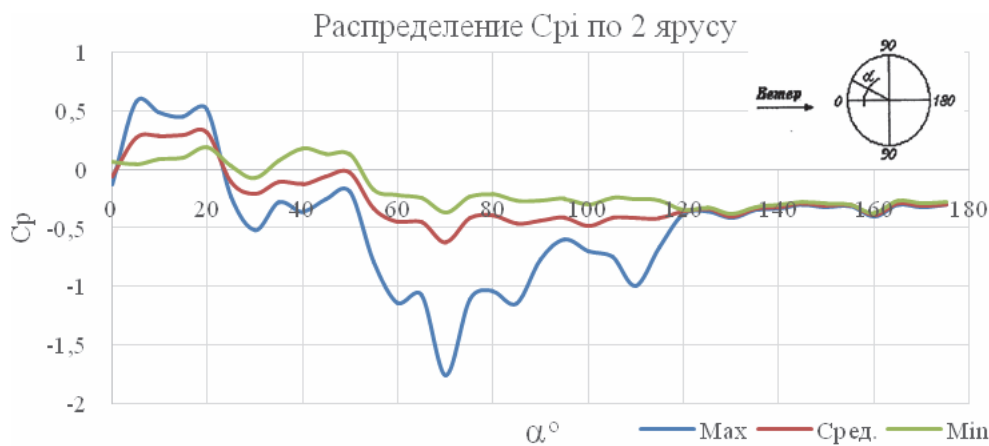


Рисунок 21. Распределение C_{p_i} по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт второго яруса).

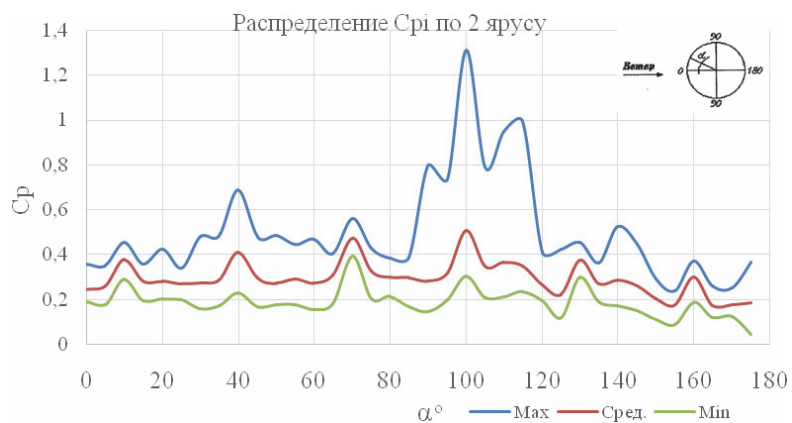


Рисунок 22. Распределение C_p по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт второго яруса).

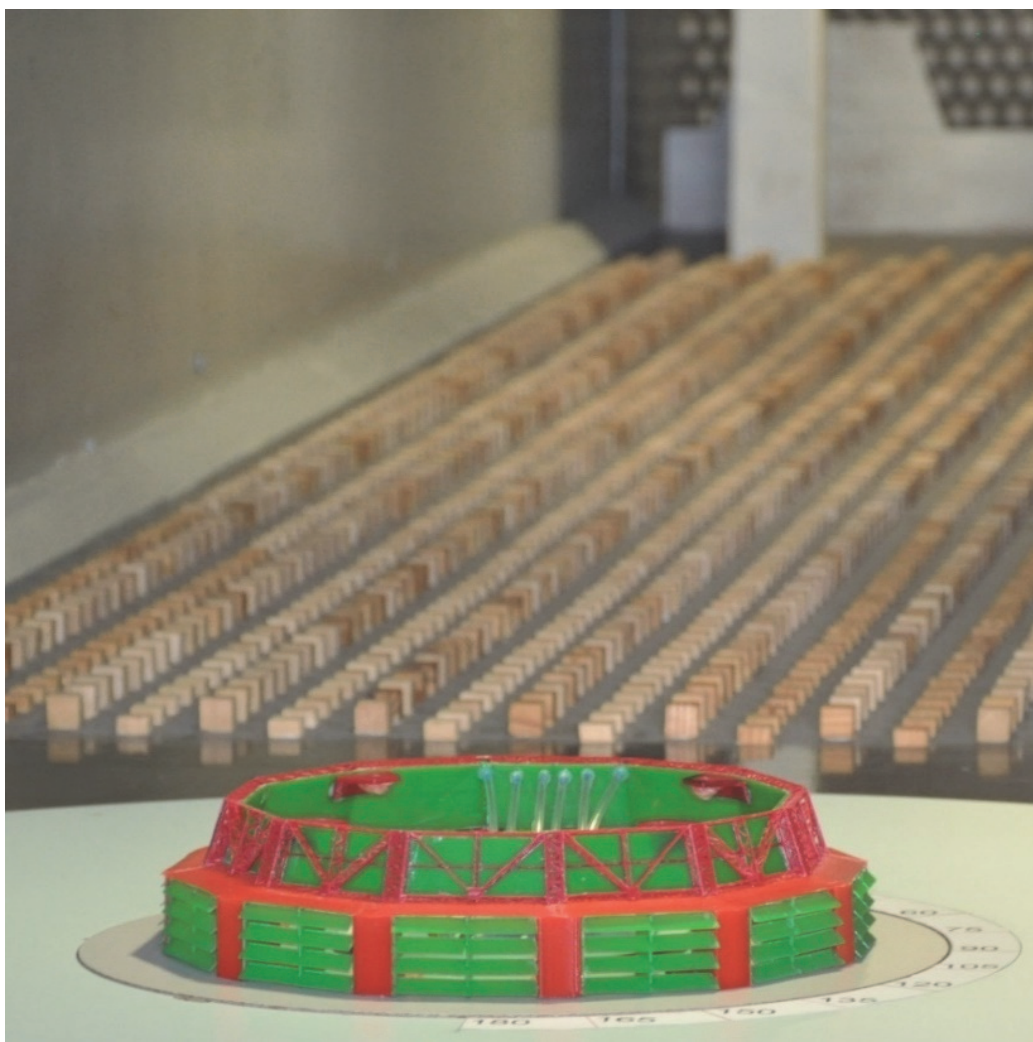


Рисунок 23. Макет башенной металлической градирни гиперболической формы площадью орошения 1 600 м², расположенный в рабочей части МАТ-1 (монтажная стадия – замыкание карт первого яруса).

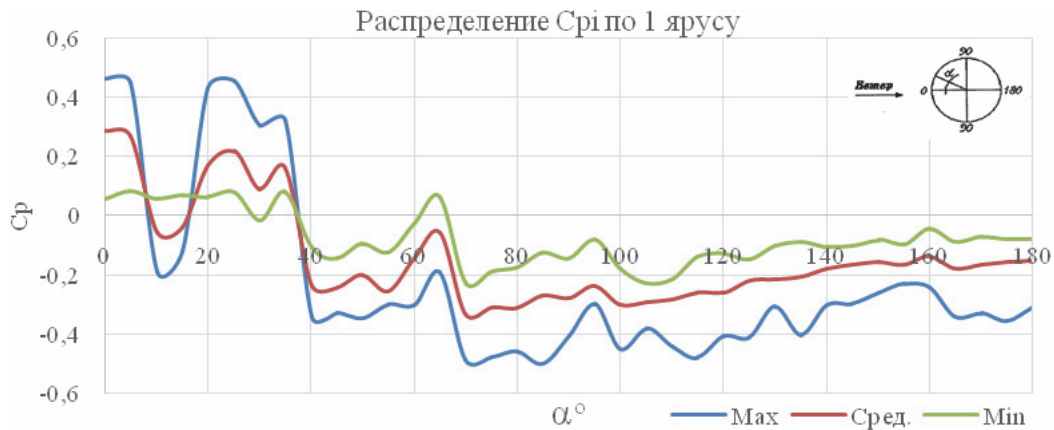


Рисунок 24. Распределение C_p по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт первого яруса).



Рисунок 25. Распределение C_p по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на грань (монтажная стадия – замыкание карт первого яруса).

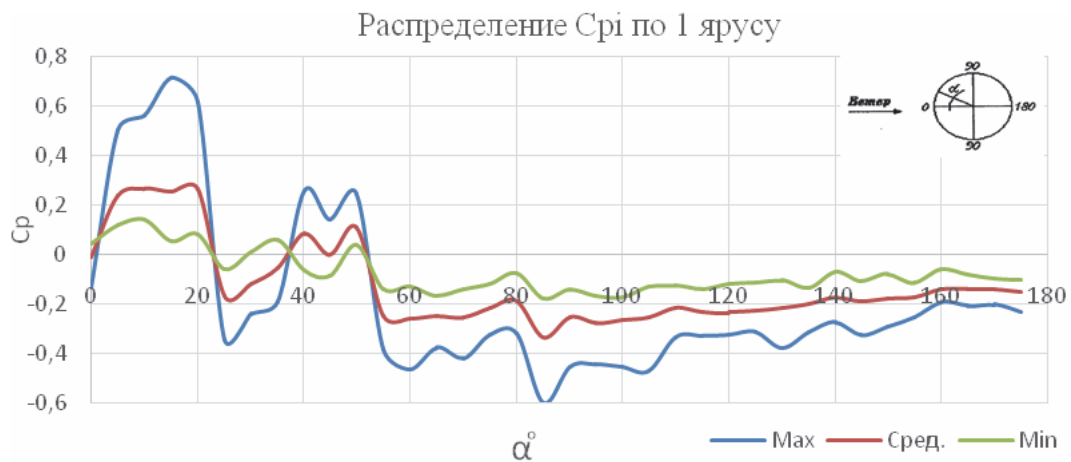


Рисунок 26. Распределение C_p по внешнему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт первого яруса).

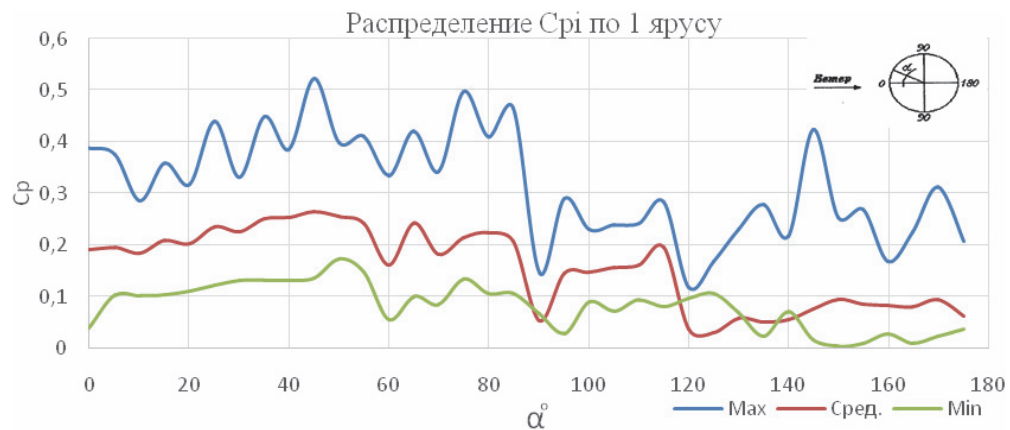


Рисунок 27. Распределение C_{r1} по внутреннему контуру третьего яруса при направлении ветра на ребро (монтажная стадия – замыкание карт первого яруса).



Рисунок 28. Визуализация обтекания ветрового потока относительно плоскости XOZ при подаче дыма на вытяжную башню.

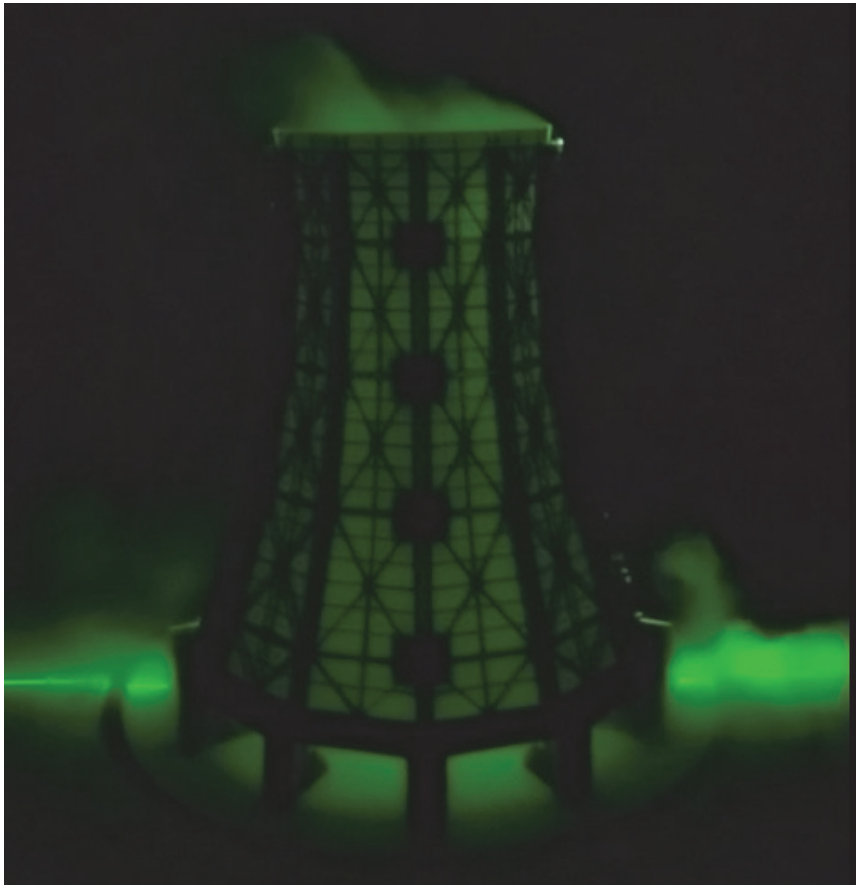


Рисунок 29. Визуализация обтекания ветрового потока относительно плоскости XOZ при подаче дыма по низу башни.

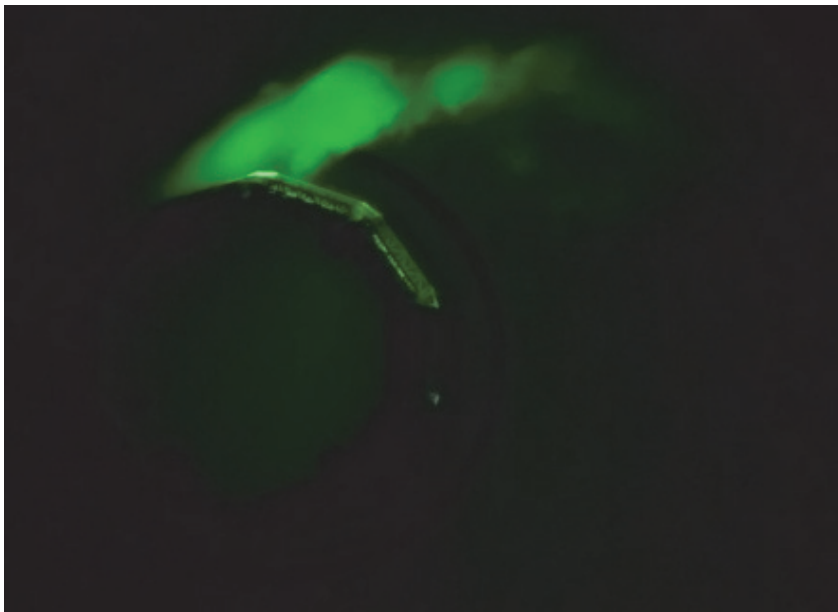


Рисунок 30. Визуализация обтекания ветрового потока относительно плоскости XOY при подаче дыма на вытяжную башню.

Литература

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр. : на замену СП 20.13330.2011 : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО Минстроя России, 2016. – 110 с. – Текст : непосредственный.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 1 : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 13 серпня 2007 р. № 143 : замість СНиП 2.01.07-85 (за винятком розділу 10) : надано чинності 2007-10-01 / розроблено ВАТ «УкрНДІпроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського». – Київ : Мінбуд України, 2007. – 75 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия = Buildings and structures. Accidental actions : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 августа 2017 г. № 1105/пр : введен впервые : дата введения 2018-02-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Минстрой России, 2017. – 23 с. – Текст : непосредственный.
4. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84) : утверждено приказом ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР от 20 марта 1985 г. № 27 : введен впервые : дата введения 1985-03-20 / разработано ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – Москва : Центральный институт типового проектирования, 1985. – 133 с. – Текст : непосредственный.
5. Краснов, Н. Ф. Аэродинамика тел вращения / Н. Ф. Краснов. – Москва : Издательство «Машиностроение», 1964. – 567 с. – Текст : непосредственный.
6. Гореев, В. В. Специальные конструкции и сооружения / В. В. Гореев. – Москва : Высшая школа, 2002. – 539 с. – Текст : непосредственный.
7. Гордеев, В. Н. О выборе оптимальных очертаний башни / В. Н. Гордеев, М. Л. Гринберг, М. П. Кондра. – Текст : непосредственный // Строительная механика и расчет сооружений. – 1969. – № 6. – С. 59–61.
8. Пономаренко, В. С. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справочное

References

1. SP 20.13330.2016. Loads and actions. – Moscow : V. A. Kucherenko CSRIBS JSC Ministry of Construction of Russia, 2016. – 110 p. – Text : direct. (in Russian)
2. DBN V.1.2-2:2006. The system for ensuring the reliability and safety of construction sites. Loads and impacts. Design standards. Change № 1. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2007. – 75 p. – Text : direct. (in Ukrainian).
3. SP 296.1325800.2017. Buildings and structures. Accidental actions. – Moscow : Ministry of Construction and Housing and Communal Services, 2017. – 23 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Cooling tower design manual (to SNiP 2.04.02-84). – Moscow : Central Institute for Typical Design, 1985. – 133 p. – Text : direct. (in Russian).
5. Krasnov, N. F. Aerodynamics of bodies of revolution. – Moscow : Publishing house «Mashinostroenie», 1964. – 567 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Goreyev, V. V. Special structures and structures. – Moscow : High School, 2002. – 539 p. – Text : direct. (in Russian)
7. Goreyev, V. V.; Grinberg, M. L.; Kondra, M. P. On choosing the optimal shape of the tower. – Text : direct. – In: *Structural mechanics and design of structures*. – 1969. – № 6. – P. 59–61. (in Russian)
8. Ponomareiko, V. S.; Arefyev, Yu. I. Cooling towers of industrial and energy companies : handbook. – Moscow : Energoatomizdat, 1998. – 376 p. – Text : direct. (in Russian)
9. Shevchenko, Ye. V.; Udakhin, S. A.; Ivashchenko, M. N. Optimal design of a tower cooling tower of JSC «DMP» during its reconstruction. – Text : direct. – In: *Proceedings of the DNACA : collection of scientific papers*. – 2003. – Issue 2(39). – Volume 1. – P. 156–158. (in Russian)
10. Krasnov, N. F. Aerodynamics of aircraft. – Moscow : High School, 1981. – 496 p. – Text : direct. (in Russian)
11. Reyter, E. I. Architectural aerodynamics. – Moscow : Stroizdat, 1984. – 294 p. – Text : direct. (in Russian)
12. Laptov, A. G.; Vedgayeva, I. A. Vedgayeva I. A. Design and calculation of industrial cooling towers : monograph. – Kazan : KSPEU, 2004. – 180 p. – Text : direct. (in Russian)
13. Podayeva, O. I.; Kubenin, A. S.; Churin, P. S. Architectural and construction aerodynamics : a tutorial. – Moscow : NRU MGSU, 2015. – 88 p. – Text : direct. (in Russian)
14. Belostotsky, A. M.; Akimov, P. A.; Afanasyeva, I. N. Computational Dynamics in the tasks of building : a tutorial. – Moscow : ASV Publishing House, 2017. – 720 p. – Text : direct. (in Russian)
15. Belostotsky, A. M. Mathematical (numerical) modeling of wind loads and effects : a methodological guide. – Moscow : Research Center Stadio, 2020. – 78 p. – Text : direct. (in Russian)

- пособие / В. С. Пономаренко, Ю. И. Арефьев. – Москва : Энергоатомиздат, 1998. – 376 с. – Текст : непосредственный.
9. Шевченко, Е. В. Оптимальное проектирование башенной градирни ОАО «ДМЗ» при ее реконструкции / Е. В. Шевченко, С. А. Удахин, М. Н. Иващенко. – Текст : непосредственный // Вісник ДонДАБА : збірник наукових праць. – 2003. – Випуск 2(39). – Том 1. – С. 156–158.
 10. Краснов, Н. Ф. Аэродинамика летательных аппаратов / Н. Ф. Краснов. – Москва : Высшая школа, 1981. – 496 с. – Текст : непосредственный.
 11. Рейтер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Рейтер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
 12. Лаптев, А. Г. Устройство и расчет промышленных градирен : монография / А. Г. Лаптев, И. А. Ведьгаева. – Казань : КГЭУ, 2004. – 180 с. – Текст : непосредственный.
 13. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : учебное пособие / О. И. Поддаева, А. С. Кубенин, П. С. Чурин. – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – 88 с. – Текст : непосредственный.
 14. Белостоцкий, А. М. Вычислительная аэродинамика в задачах строительства : учебное пособие / А. М. Белостоцкий, П. А. Акимов, И. Н. Афанасьева. – Москва : Издательство АСВ, 2017. – 720 с. – Текст : непосредственный.
 15. Белостоцкий, А. М. Математическое (численное) моделирование ветровых нагрузок и воздействий : методическое пособие / А. М. Белостоцкий. – Москва : НИЦ Стадио, 2020. – 78 с. – Текст : непосредственный.

Титков Сергей Олегович – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: возведение и реконструкция промышленных сооружений.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ, при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Васылев Владимир Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи, строительных конструкций и сооружений, технология изготовления строительных конструкций.

Лозинский Эдуард Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натуральных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Тітков Сергій Олегович – асистент кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зведення і реконструкція промислових споруд.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт, при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Василев Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередавання, будівельних конструкцій і споруд, технологія виготовлення будівельних конструкцій.

Лозинський Едуард Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, вдосконалення методик моделювання прикордонного шару атмосфери, натурних і модельних випробувань будівель і споруд на вітрове навантаження.

Titkov Sergey – Assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: erection and reconstruction of industrial facilities.

Yugov Anatoliy – Doctor in Engineering Sciences, Professor; Head of Construction Engineering and Management Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design, installation, operation, technical diagnostics, assessment of technical condition, reconstruction, strengthening and dismantling of building metal structures, technology and work organization, in the construction and reconstruction of buildings and structures.

Vasylev Vladimir – Ph. D. (Eng.), Professor, Metal Structures and Constructions Department Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental and theoretical study of the operation of power line supports, building structures and structures; technology of building structures.

Lozinsky Eduard – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods for assessing wind effects on buildings, structures and their complexes, improving the methods for modeling full-scale and model tests of buildings and structures on wind pressure.