



3. BIM-tekhnologii v stroitelstve [BIM technologies in construction]. PlanRadar. 2022. URL: <https://www.planradar.com/ru/> (data obrascheniya: 05.09.2022).

4. BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury [BIM-modeling in the problems of construction and architecture] : materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obsch. red. A. A. Semyonova ; Saint-Petersburg : Sankt-Peterb. gos. arkhitektur-stroit. un-t, 2022. – 276 p.

5. 12 000 tonn na 8 oporax. Kak ustroena «Ak Bars Arena» [12,000 tons on 8 legs. How Ak Bars Arena works]. URL: <https://www.tn.ru/journal/12-000-tonn-na-8-oporakh-kak-ustroena-akbars-arena/>.

6. Dubois A., Gadde L.-E. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation // Construction Management and Economics. 2002. Vol. 20, № 7. P. 621–631. DOI: 10.1080/01446190210163543.

7. Global Industry 4.0 Survey. Engineering and Construction Key Findings. 2016. URL: <https://www.pwc.com/sk/en/odvetvia/assets/industry-4.0-metals-key-findings.pdf> (data obrascheniya: 05.09.2022).

© А. В. Щеголева, Ф. Р. Ибрагимова, 2023

Получено: 28.01.2023 г.

УДК 533.6:624.042.41

С. С. ШИЛОВ, аспирант кафедры теории сооружений и технической механики

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96, +7 961-631-06-81;
эл. почта: sergey.shilov.1997@mail.ru

Ключевые слова: численное моделирование, поверхность второго порядка, аэродинамическое давление, изополя давлений, параметры турбулентности.

Проводится исследование аэродинамических сил, действующих на криволинейную поверхность. Описывается порядок численного моделирования в Ansys CFX, а также начальные и граничные условия. Приводится порядок определения профиля скорости ветрового потока и параметров турбулентности. Приводятся результаты исследований в виде сводных таблиц и изополей аэродинамических давлений на поверхности сооружения.

В настоящее время возводится все больше зданий и сооружений, проработка которых с помощью современных нормативных документов весьма затруднительна. Одной из множества проблем является определение ветровых давлений и характера их распределения по поверхности. В данной работе рассматривается поверхность двойкой кривизны, весьма редко используемая при проектировании зданий и сооружений в отечественной практике – гиперболический параболоид. Несмотря на это, в настоящее время существует ряд зарубежных объектов, включающих в свои архитектурные решения поверхности второго порядка: олимпий-

ский парк в Мюнхене, ледовая арена в Калгари, музей дизайна в Лондоне и др. В отечественных нормах отсутствуют данные по аэродинамическим расчетам такого рода покрытий, что не позволяет описать распределение аэродинамических сил на поверхности даже в первом приближении. Отсутствие методики расчета таких систем является одной из основных причин их малой популярности.

Проблема распределения аэродинамических коэффициентов на различные архитектурные формы решается во всем мире, и варианты взаимодействия ветровых потоков с этими формами представлены в работах отечественных и зарубежных авторов [1–8].

Для сооружений повышенного уровня ответственности аэродинамические коэффициенты устанавливаются на основе математического (численного) моделирования – моделирования твердотельных моделей в специальных программных комплексах, реализующих *CFD*-технологии математического моделирования (*CFD – Computational Fluid Dynamic*) [9–12], что позволяет получить достоверные данные распределения аэродинамических коэффициентов по покрытию сооружения. Численные методы исследования распределения давлений основаны на решении уравнений Навье-Стокса, описывающего обтекание твердого тела потоком сжимаемой жидкости [13]. Кроме того, при моделировании ветровых потоков допускаются некоторые упрощения: потоки предполагаются несжимаемыми и изотермическими, массовые силы не учитываются.

Рассматриваемая поверхность второго порядка описывается каноническим уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 2z. \quad (1)$$

Геометрически рассматриваемое покрытие может быть представлено тремя способами:

- 1) как поверхность, образованная гиперболами (включая и «крест» из их асимптот), вершины которых лежат на главных параболах (рис. 1а);
- 2) как поверхность, образованная при перемещении одной главной параболы, так чтобы ее вершина «скользила» по другой главной параболе (рис. 1б);
- 3) как линейчатая поверхность, т. е. поверхность, образованная движением прямой (рис. 1в).

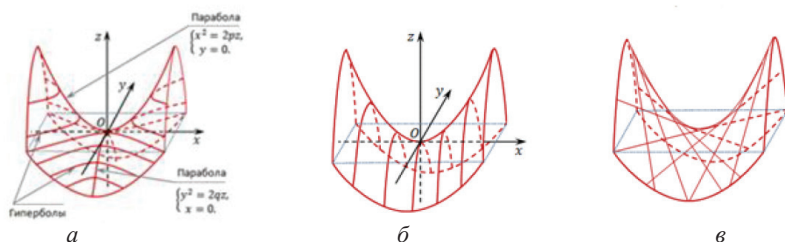


Рис. 1. Геометрические способы построения поверхности второго порядка

В данной работе был выбран второй способ построения. Для упрощения дальнейших формулировок вводятся условные обозначения:

Парабола П1 – парабола, являющаяся траекторией сдвига;

Парабола П2 – образующая, перемещаемая вдоль траектории.

Цель исследования – определить распределение аэродинамических сил по поверхности двойкой кривизны, а также изучение влияния изменения геометрических характеристик поверхности.

В качестве объекта исследования принято круглое в плане сооружение с по-

крытием двоякой кривизны (рис. 2). При этом парабола П1 имеет постоянную конфигурацию, а парабола П2 изменяет свои геометрические размеры. Проведено исследование четырех различных моделей при двух взаимно-перпендикулярных направлениях ветра.

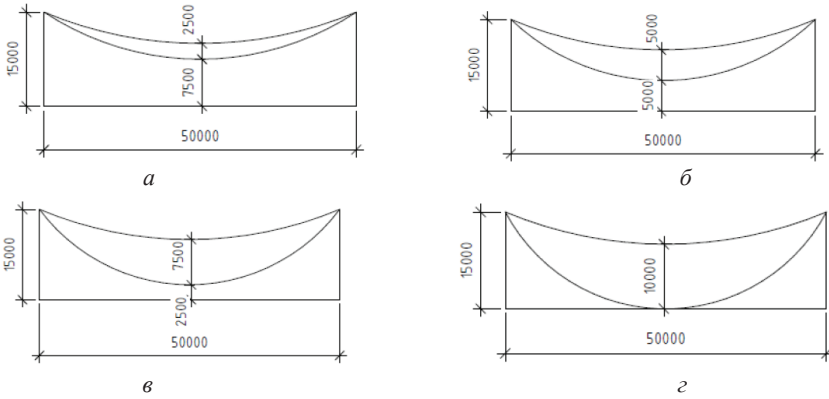


Рис. 2. Геометрические размеры сооружения: а – эксперимент № 1; б – эксперимент № 2; в – эксперимент № 3; г – эксперимент № 4

Численное моделирование проводилось в программно-вычислительном комплексе *Ansys CFX*. Были построены 4 твердотельные модели с дальнейшим импортом в среду *SpaceClaim Ansys CFX*. Модели представляют собой цилиндрические тела с покрытием в виде гиперболического параболоида. Размеры расчетной области принимаются по рекомендациям, указанным в источнике [13]. После создания расчетной области производится формирование расчетной сетки (рис. 3) в сеточном препроцессоре *ANSYS Meshing*. Для корректного воспроизведения течения в настройках сеточного генератора задается сгущение элементов сетки к поверхности здания, кроме этого вблизи поверхности сооружения применяется *inflation meshing* (рис. 4), данный способ построения рекомендуется применять при использовании модели турбулентности *Shear Stress Transport (SST)*.

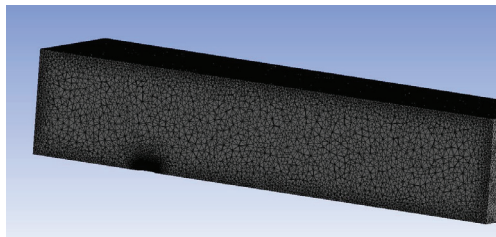


Рис. 3. Расчетная область исследуемого сооружения

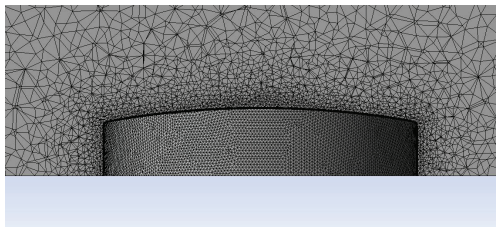


Рис. 4. Сгущение элементов расчетной сетки вблизи сооружения

**К СТАТЬЕ С. С. ШИЛОВА «ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
АЭРОДИНАМИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ
РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ»**

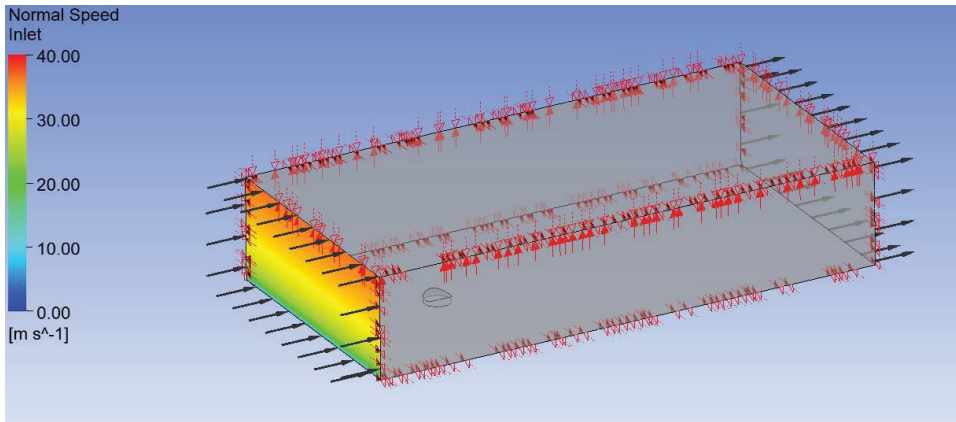


Рис. 1. Начальное условие: профиль скорости ветра для III ветрового района

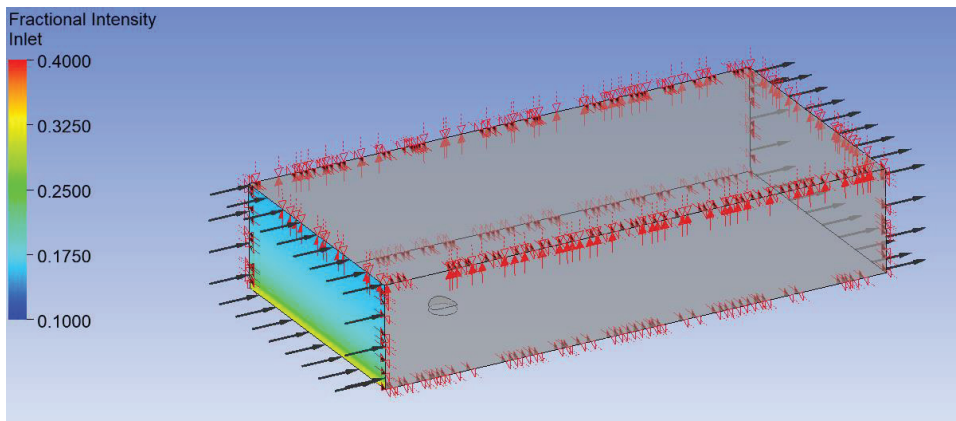


Рис. 2. Начальное условие: профиль интенсивности турбулентности

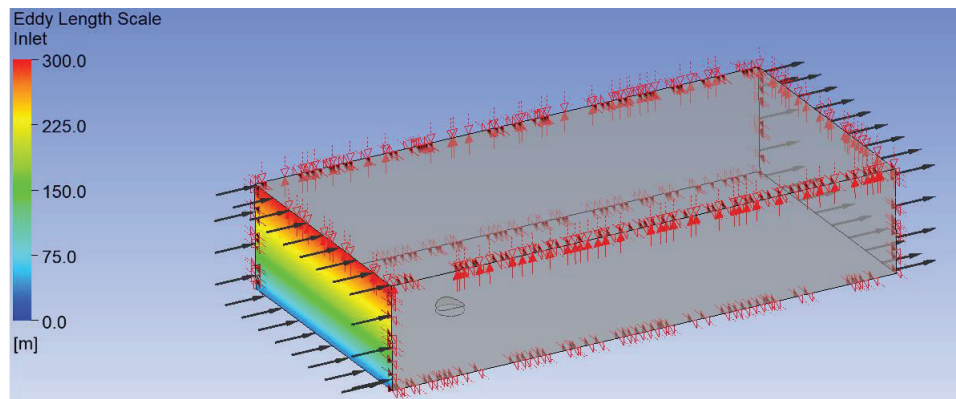
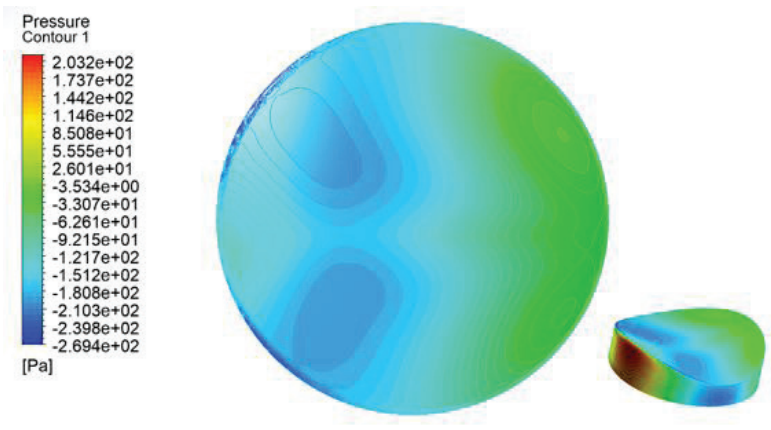
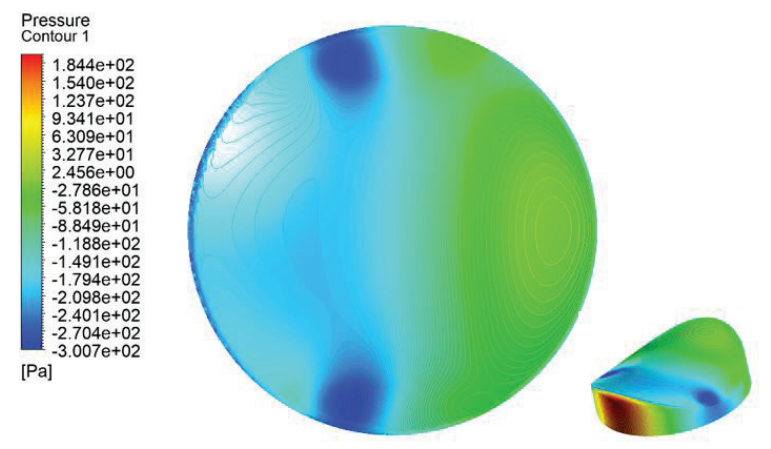


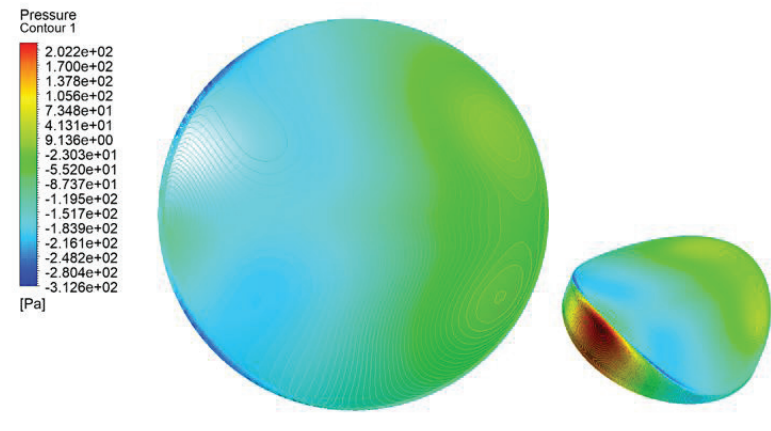
Рис. 3. Начальное условие: профиль масштаба длины вихрей турбулентности



a



b



c

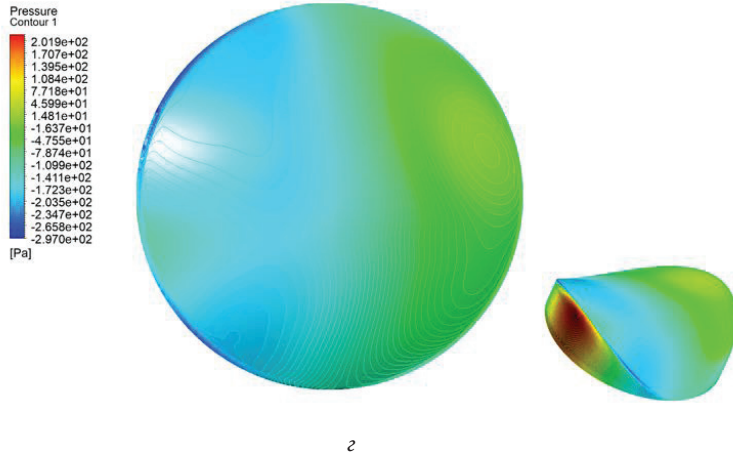
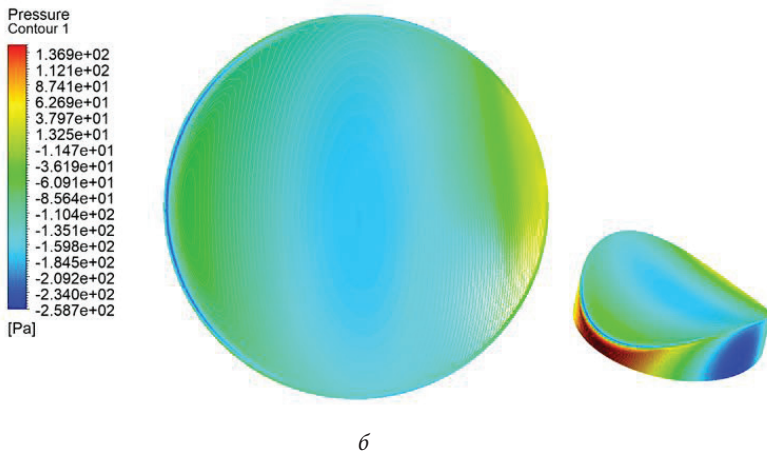
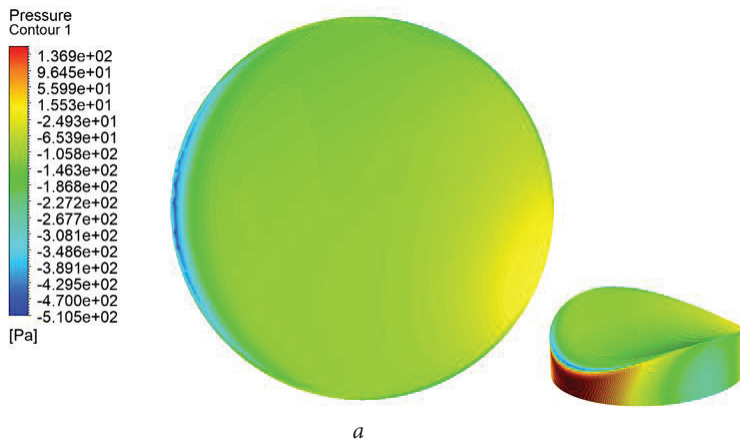
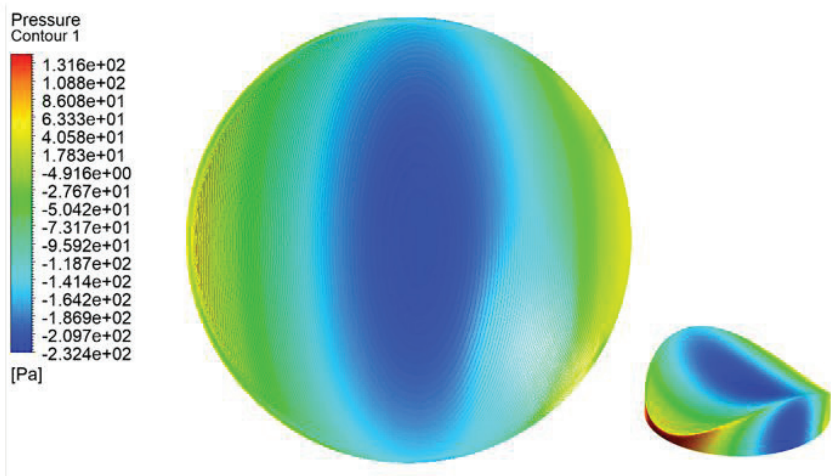
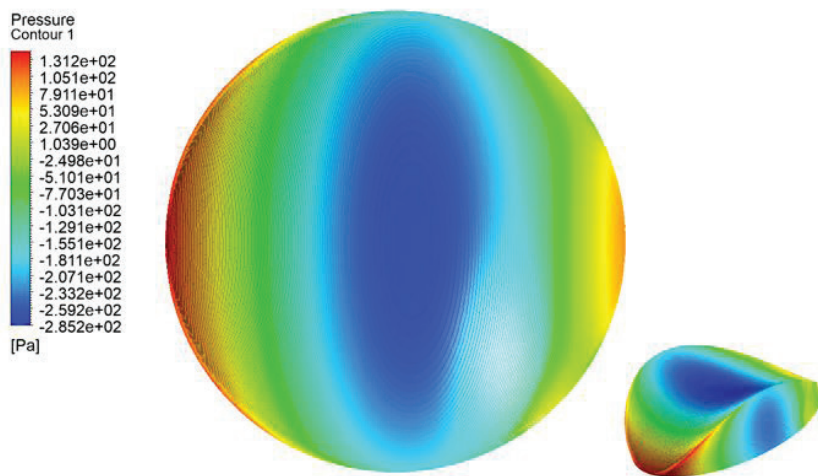


Рис. 4. Изополя ветрового давления при направлении ветрового потока вдоль параболы
 III: *a*–*z* – эксперименты № 1–№ 4 соответственно





6



2

Рис. 5. Изополя ветрового давления при направлении ветрового потока вдоль параболы
П2: а-г – эксперименты № 1–№ 4 соответственно



Граничные условия на гранях расчетной области:

- на входе в расчетную область задается профиль скорости ветрового потока (для III ветрового района) и параметров турбулентности (интенсивность и масштаб длины вихрей);
- на выходе – условие постоянства давления (относительное давление равно 0 Па);
- на удаленных внешних боковых границах – условие симметрии;
- на границе объекта исследования и нижней границе области – условие стенки без скольжения и условие гладкой стенки соответственно.

Профиль ветра определяется на основании действующих нормативных документов по формуле (2) [14]:

$$U(z) = U_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha, \quad U_0 = \left(\frac{2w_0}{\rho} \right)^{0.5}, \quad (2)$$

где $w_0 = 0,38 \text{ кПа} = 380,0 \text{ Па}$ – нормативное значение ветрового давления для III ветрового района по табл. 11.1 [15]; $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при нормальных атмосферных условиях; $z_0 = 30,5$; $\alpha = 0,2$ – параметры, определяемые типом шероховатости местности по табл. 4 [14] как для типа местности B.

Полученная функция профиля ветра задается в *ANSYS CFX* (рис. 1 цв. вклейки).

В отечественных нормативных документах отсутствуют данные по характеру распределения интенсивности турбулентности и масштаба длины вихрей по высоте, поэтому следует обратиться к иностранным нормам [16]. Изменение интенсивности турбулентности с высотой можно определить по формуле 4.7 [16]:

$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}, \quad (3)$$

где $k_t = 1,0$ – параметр турбулентности, принимаемый по рекомендациям [16]; $c_o(z) = 1,0$ – топографический коэффициент; $z_0 = 0,3$ – длина шероховатости, определяемая по табл. 4.1 [16].

Полученная функция профиля интенсивности турбулентности задается в *ANSYS CFX* (рис. 2 цв. вклейки).

Изменение масштаба длины турбулентности с высотой можно определить по формуле B.1 [16]:

$$L(z) = L_t \left(\frac{z}{z_t} \right)^\alpha, \quad (4)$$

где $z_t = 200,0 \text{ м}$ – контрольная высота; $L_t = 300,0 \text{ м}$ – контрольная длина турбулентности.

Коэффициент определяется по следующей зависимости:

$$\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0) = 0,67 + 0,05 \ln(0,3) = 0,61. \quad (5)$$

Полученная функция профиля масштаба длины турбулентности задается в *ANSYS CFX* (рис. 3 цв. вклейки).

В результате итерационных расчетов в *CFX-Solver* достигалась необходимая сходимость решений основных уравнений гидрогазодинамики. Окончанием расчета считалось достижение сходимости 10^{-4} , а также выход графика равнодействующих сил, действующих на сооружение, на горизонталь. В результате получены изополя распределения ветровых давлений по поверхностям сооружений (рис. 4–5 цв. вклейки.). Кроме того, были определены значения равнодействующих сил при помощи *Function Calculator* модуля *CFX-Post*, которые сведены в табл. 1, 2.



Таблица 1

**Значения равнодействующих сил по направлению ветровых потоков
вдоль параболы П1, кН**

Направление	Номер эксперимента			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Направление X	96,45	107,31	91,69	89,0
Направление Y	0,46	-0,1	-1,18	-1,02
Равнодействующая	96,45	107,31	91,70	89,01

Таблица 2

**Значения равнодействующих сил по направлению ветровых потоков
вдоль параболы П2, кН**

Направление	Номер эксперимента			
	№ 1	№ 1	№ 1	№ 1
Направление X	39,10	21,96	19,94	35,83
Направление Y	14,52	5,78	0,9	-0,01
Равнодействующая	41,71	22,71	19,96	35,83

Примечание: в таблицах за направление X принято направление ветрового потока, Y – перпендикулярное направление.

Выводы:

1) Из табл. 1, 2 видно, что при направлении ветра вдоль П1 форма покрытия эксперимента № 2 имеет наибольшую равнодействующую, а при перпендикулярном направлении – практически наименьшую. Эксперимент № 3 дает наименьшие значения при обоих направлениях ветрового потока.

2) На рис. 4 цв. вклейки наблюдается схожесть распределения ветровых давлений по поверхности: преимущественно отрицательное давление, имеются локальные зоны положительного давления на задней кромке.

3) Давления на поверхности на рис. 4 цв. вклейки изменяются в диапазоне $[-300; +20]$ Па;

4) На рис. 5 цв. вклейки видны значительные отличия по характеру распределения ветровых давлений – меняется диапазон изменения ветровых давлений по поверхности: на передней кромке происходит переход ветрового давления от отрицательных давлений к положительным; при малых изменениях стрелы провисания (рис. 5а, 5б) на передней кромке возникают отрицательные давления; при увеличении стрелы провисания (рис. 5в, 5г) на передней кромке возникает ветровой напор и увеличивается градиент значений от передней кромки к центральной части.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : монография / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. – 294 с. – Текст : непосредственный.
2. Симиу, Э. Воздействия ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан. – Москва : Стройиздат, 1984. – 360 с. – Текст : непосредственный.
3. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика : учебное пособие / О. И. Поддаева, А. С. Кубенин, П. С. Чурин. – Москва : МГСУ, 2015. – 88 с. – ISBN 978-5-7264-1194-1. – Текст : непосредственный.
4. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / О. И. Поддаева,



- И. В. Дуничкин. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2017. – № 6. – С. 602–609.
5. Михайлова, М. К. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий с учетом аэродинамических аспектов / М. К. Михайлова, В. С. Далинчук, А. В. Бушманова, Л. В. Доброгорская. – Текст : непосредственный // Строительство уникальных зданий и сооружений / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2016 – №10 (49). – С. 59–74.
6. Айрапетов, А. Б. Новые аспекты аэродинамики ветрового нагружения высотных зданий в мегаполисе, новые подходы и методические принципы исследований как источник концепции формирования новых нормативов проектирования и строительства / А. Б. Айрапетов. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 582–584.
7. Березин, М. А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / М. А. Березин, В. В. Катюшин. – Новосибирск : Олден-полиграфия, 2003. – 138 с. – ISBN 5-94905-002-9. – Текст : непосредственный.
8. Мушанов, В. Ф. Исследование аэродинамических коэффициентов провисающих мембранных покрытий инженерных сооружений / В. Ф. Мушанов, А. В. Зубенко, А. А. Дроздов. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2017. – Том 23, № 2. – С. 81–96.
9. Исследование обтекания воздушными потоками большепролетной поверхности численным и экспериментальным методами / А. М. Анущенко, В. И. Ерофеев, П. А. Хазов, А. А. Сатанов, А. В. Февральских. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 1. – С. 9–18.
10. Экспериментальное и численное исследование влияния покрытия на характеристики ветрового потока между соседними зданиями / Д. Гельбашц, Э. Буйрук, Б. Сахин, К. Карабулут, Д. Е. Алнак. – Текст : непосредственный // 8-я международная конференция передовых технологий. – Элязыг, 2017. – С. 1648–1655.
11. Мохамед, А. Сравнение численного исследования влияния выступов здания на аэродинамику с результатами аэродинамических испытаний / А. Мохамед, К. Уайт, С. Уоткинс. – Текст : непосредственный // 15-й семинар Австралийского общества ветроэнергетики. – Сидней, 2012. – 4 с.
12. Лампси, Б. Б. Численное и физическое моделирование ветровых потоков на большепролетное покрытие / Б. Б. Лампси, С. С. Шилов, П. А. Хазов. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2022. – № 1. – С. 21–31.
13. Темам, Р. Уравнения Навье – Стокса. Теория и численный анализ / Р. Темам. – Москва : Мир, 1981. – 408 с. – Текст : непосредственный.
14. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие здания : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.11.2015 № 1892-ст : дата введения 2016-05-01 : [редакция от 22.12.2020]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.
15. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия : свод правил : утвержден Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : дата введения 4 июня 2017 г. : [редакция от 30.05.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.
16. EN 1991-1-4:2005+A1. Еврокод 1: Воздействия на сооружения. Часть 1-4 : Основные воздействия – Ветровые нагрузки. – URL: <https://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf>. – Текст : электронный.

SHILOV Sergey Sergeevich, postgraduate student of the chair of theory of constructions and technical mechanics

NUMERICAL MODELING THE AERODYNAMICS OF SURFACES OF DOUBLE CURVATURE OF VARIOUS GEOMETRIC DIMENSIONS



Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 961-631-06-81;
e-mail: khazov.nngasu@mail.ru, sergey.shilov.1997@mail.ru

Key words: numerical modeling, second-order surface, aerodynamic pressure, pressure isofields, turbulence parameters.

The article investigates the aerodynamic forces acting on a curved surface. The order of numerical simulation in Ansys CFX is described, as well as initial and boundary conditions. The paper shows how to determine the profile of the wind flow velocity and turbulence parameters. The results of the research are presented in the form of summary tables and isofields of aerodynamic pressures on the surface of the structure.

REFERENCES

1. Retter E. I. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika [Architectural and constructional aerodynamics] : monografiya. Moscow, Stroyizdat. 1984. – 294 p.
2. Simmiu E., Skanlan R. Vozdeystviya vetra na zdaniya i sooruzheniya [Effects of wind on buildings and structures]. – Moscow : Stroyizdat, 1984. – 360 p.
3. Poddaeva O. I., Kubenin A. S., Churin P. S. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika [Architectural and construction aerodynamics] : uchebnoe posobie. – Moscow : Moskov. gos. stroit. un-t. – 2015. – 88 p. – ISBN 978-5-7264-1194-1.
4. Poddaeva O. I., Dunichkin I. V. Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika / Vestnik MGSU. – Moscow, 2017. - №6. – P. 602–609.
5. Mikhaylova M. K., Dalinchuk V. S., Bushmanova A. V., Dobrogorskaya L. V. Proektirovanie, stroitelstvo i ekspluatatsiya vysoknykh zdaniy s uchyotom aerodinamicheskikh aspektov [Design, construction and operation of high-rise buildings taking into account aerodynamic aspects] / Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of unique buildings and structures] / Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2016. – №10 (49). – P. 59–74.
6. Ayrapetov A. B. Novye aspekty aerodinamiki vetrovogo nagruzheniya vysoknykh zdaniy v megapolise, novye podkhody i metodicheskie printsipy issledovaniya kak istochnik kontseptsii formirovaniya novykh normativov proektirovaniya i stroitelstva [New aspects of wind loading aerodynamics of high-rise buildings in a megalopolis, new approaches and methodological principles of research as a source of the concept of forming new design and construction standards]. – Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Academia. Architecture and construction]. – 2010. – № 3. –P. 582–584.
7. Berezin M. A., Katyushin V. V. Atlas aerodinamicheskikh kharakteristik stroitelnykh konstruktсий [Atlas of aerodynamic characteristics of building structures]. Novosibirsk: Olden-poliographiya. 2003. – 138 p. – ISBN 5-94905-002-9.
8. Muschanov V. F., Zubanov A. V., Drozdov A. A. Issledovanie aerodinamicheskikh koeffitsientov provisyuschikh membrannykh pokrytiy inzhenernykh sooruzheniy [Study of the aerodynamic coefficients of sagging membrane coatings of engineering structures]. Metallicheskie konstruktсии [Steel constructions]. 2017. Vol. 23, № 2. P. 81–96.
9. Anuschenko A. M., Erofeev V. I., Khazov P. A., Satanov A. A., Fevralskikh A. V. Issledovanie obtekaniya vozdushnymi potokami bolsheprolyotnoy poverkhnosti chislennym i eksperimentalnym metodami [Study of air flows streamlining of a large-span surface by numerical and experimental methods] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. – № 1. – P. 9–18.
10. Gelbashts D., Buyruk E., Sakhin B., Karabulut K., Alnak D. E. Eksperimentalnoe i chislennoe issledovanie vliyaniya pokrytiya na kharakteristiki vetrovogo potoka mezhdru sosednimi zdaniyami [Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Rooftop on the Flow Characteristic Between Two Buildings] / 8-ya mezhdunarodnaya konferentsiya peredovykh tekhnologiy. – Elyazyg, 2017. – P. 1648–1655.
11. Mohamed A., White K., Watkins S. Sravnenie chislennogo issledovaniya vliyaniya



vystupov zdaniya na aerodinamiku s rezultatami aerodinamicheskikh ispytaniy [A Numerical Study of the Updrafts over a Building, with Comparison to Wind-Tunnel Results] // 15-y seminar Avstraliyskogo obshchestva vetroenergetiki. – Sidney, 2012. – 4 p.

12) Lampsi B. B., Shilov S. S., Khazov P. A. Chislennoe i fizicheskoe modelirovanie vetrovykh potokov na bolsheprolyotnoe pokrytie [Numerical and physical modeling of wind flows on a long-span coating] / Vestnik MGSU. – Moscow, 2022. - №1. – P. 21-31.

13) Temam R. Uravneniya Nave – Stoksa. Teoriya i chislenny analiz [Navier – Stokes equations. Theory and numerical analysis]. – Moscow : Mir. 1981. – 408 p.

14) GOST R 56728-2015. Zdaniya i sooruzheniya. Metodika opredeleniya vetrovykh nagruzok na ograzhdayushchie zdaniya [Buildings and constructions. Method for determining wind loads on the building envelope] : natsional. standart RF : utver. i vved. v deystvie Prikazom Rosstandarta ot 19.11.2015 N 1892-st. : data vved. 2016-05-01 : [red. ot 22.12.2020]. – URL: <http://www.consultant.ru>.

15) SP 20.13330.2016. Nagruzki i vozdeystviya [Loads and effects] : svod pravil : utver. Prikazom Minstroya Rossii ot 03.12.2016 N 891/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.1.07-85* : data vved. 4 iyunya 2017 g. : [red. ot 30.05.2022]. – URL: <http://www.consultant.ru>.

16) EN 1991-1-4:2005+A1. Evrokod 1: Vozdeystviya na sooruzheniya. Chast 1-4 : osnovnye vozdeystviya – Vetrovye nagruzki [Eurocode 1: action on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions. – URL: <https://www.cstroy.ru/files/ntdoc/np1991-1-4.pdf>.

© С. С. Шилов, 2023

Получено: 28.12.2022 г.