



## ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСКАРКАСНЫХ АРОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОДВИЖНОСТЬ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ПРОСЛОЙКЕ

**В. А. Мазур, М. А. Чайка**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.  
E-mail: mazur241103@gmail.com*

*Получена 07 сентября 2020; принята 25 сентября 2020.*

**Аннотация.** Работа посвящена определению влияния геометрической формы и конструктивных параметров бескаркасных арочных покрытий на подвижность воздуха в вентилируемой прослойке путем моделирования подвижности воздуха в вентилируемой воздушной прослойке. Выполнено численное моделирование с использованием программного комплекса SolidWorks для моделирования течения жидкости и газов, основанном на решении уравнения Навье-Стокса. Показаны траектории ветровых потоков, картины изменения скорости и ветрового давления при обтекании бескаркасных арочных покрытий разных геометрических форм, определены значения параметров внешнего воздушного потока в контрольных точках. Установлено, что геометрическая форма влияет не только на скорость воздуха в вентилируемой прослойке, но и на его направление. Выявлено, что увеличение высоты арки для полукруглых покрытий и покрытий с двумя закруглениями приводит к увеличению скорости воздуха на входе в вентиляционное отверстие, а для двускатных арок, наоборот, к уменьшению.

**Ключевые слова:** утепленное бескаркасное арочное покрытие, геометрическая форма покрытия, конструктивные параметры покрытия, вентилируемая прослойка, подвижность воздуха, направление воздушных потоков.

## ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕЗКАРКАСНИХ АРОЧНИХ ПОКРИТТІВ НА РУХЛИВІСТЬ ПОВІТРЯ У ВЕНТИЛЬОВАНОМУ ПРОШАРКУ

**В. О. Мазур, М. О. Чайка**

*ДОН ВПО «Донбаська державна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.  
E-mail: mazur241103@gmail.com*

*Отримана 07 вересня 2020; прийнята 25 вересня 2020.*

**Анотація.** Робота присвячена визначенню впливу геометричної форми та конструктивних параметрів безкаркасних арочних покриттів на рухливість повітря у вентильованому прошарку шляхом експериментально-статичного моделювання рухливості повітря у вентильованому повітряному прошарку. Виконано чисельне моделювання з використанням програмного комплексу SolidWorks для моделювання течії рідини та газів, заснованому на розв'язку рівняння Нав'є-Стокса. Показані траєкторії вітрових потоків, картини зміни швидкості і вітрового тиску при обтіканні безкаркасних арочних покриттів різних геометричних форм, визначені значення параметрів зовнішнього повітряного потоку в контрольних точках. Встановлено, що геометрична форма впливає не тільки на швидкість повітря у вентильованому прошарку, але і на його напрямок. Виявлено, що збільшення висоти арки для напівкруглих покриттів і покриттів з двома закругленнями призводить до збільшення швидкості повітря на вході у вентиляційний отвір, а для двосхилих арок – навпаки, до зменшення.

**Ключові слова:** утеплене безкаркасне арочне покриття, геометрична форма покриття, конструктивні параметри покриття, вентильований прошарок, рухливість повітря, напрямки повітряних потоків.

## INFLUENCE OF THE GEOMETRIC SHAPE AND DESIGN PARAMETERS OF FRAMELESS ARCHED COVERINGS ON AIR MOBILITY IN THE VENTILATED LAYER

Viktoriia Mazur, Maria Chayka

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

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

*E-mail: mazur241103@gmail.com*

*Received 07 September 2020; accepted 25 September 2020.*

**Abstract.** The work is devoted to determining the influence of the geometric shape and design parameters of frameless arched coverings on air mobility in a ventilated layer by experimental static modeling of air mobility in a ventilated air layer. Numerical simulation is performed using the SolidWorks software package for modeling the flow of liquids and gases based on the solution of the Navier-Stokes equation. The trajectories of wind flows, patterns of changes in speed and wind pressure when flowing around frameless arched coverings of different geometric shapes are shown, and the values of external air flow parameters at control points are determined. It is established that the geometric shape affects not only the air velocity in the ventilated layer, but also its direction. It was found that an increase in the height of the arch for semicircular coverings and coverings with two curves leads to an increase in the air velocity at the entrance to the vent, and for gable arches – on the contrary, to a decrease..

**Keywords:** insulated frameless arched coating, geometric shape of the coating, structural parameters of the coating, ventilated layer, air mobility, air flow direction.

### Актуальность и постановка проблемы

В последнее время в отечественной практике строительства отмечается широкое применение тонкостенных холодногнутых арочных профилей, выполняющих одновременно как несущие, так и ограждающие функции. С помощью бескаркасных арочных профилей разной геометрической формы с последующим их утеплением можно получить не только отдельные ограждающие эффективные конструкции зданий и сооружений, но и возводить целые объекты различного назначения. Распространение рассматриваемых конструкций также обусловлено высокой скоростью строительства, доступностью материалов, возможностью изготавливать конструктивные элементы в условиях строительной площадки и абсолютной водонепроницаемостью готового покрытия.

Широкая область применения технологии бескаркасного арочного строительства предопределяет не только разные геометрические формы покрытий и конструктивно-технологические решения по их возведению, но и разные условия эксплуатации, формирующие определенный микроклимат в помещениях и предопределяющие необходимость устройства теплоизоляционного слоя.

Используемые в настоящее время конструктивно-технологические решения по устройству теплоизоляции бескаркасных арочных металлических покрытий основаны на определении необходимой толщины теплоизоляционного слоя и рекомендаций компаний, занимающихся поставкой и монтажом конструкций без учета особенностей эксплуатации и влияния геометрической формы конструкции на процессы влаго- и теплопереноса в конструкции.

### Анализ последних исследований и публикаций

Исследованию вопросов температурно-влажностного режима наружных ограждающих конструкций, а также воздухообмена в вентилируемой посвящены работы В. Г. Гагарина, Н. Н. Щербакова, К. Ф. Фокина, В. И. Лукьянова, В. Д. Мачинского, В. В. Козлова, Ю. А. Табунщикова, А. Ф. Хомутова, Г. Г. Фаренюка и других ученых [1–4]. Учеными установлено, что оптимальная скорость движения воздуха в прослойке должна находиться в диапазоне от 0,5 до 1,0 м/с. Также определено, что скорость воздуха в прослойке зависит от высоты и ширины вентилируемой прослойки, температуры воздуха в прослойке, от площади вентиляционных отверстий. Методики теплофизического расчета конструкций с вентилируемой воздушной прослойкой, в том числе расчет движения воздуха описаны в нормативных документах [5–7]. Но следует отметить, что все исследования посвящены навесным вентилируемым фасадам зданий с прямоугольной формой или прямолинейным кровельным покрытием.

Так как геометрическая форма бескаркасных арочных конструкций предопределяет прохождение воздушного потока через вентилируемую прослойку как криволинейное движение в виде совокупности движения по дугам окружности с определяющими его угловыми характеристиками, необходимо дальнейшее исследование в этом направлении.

### Цель исследования

Определение влияния геометрической формы и конструктивных параметров бескаркасных металлических утепленных арочных покрытий на подвижность воздуха в вентилируемой прослойке.

### Основной материал

Для определения подвижности воздуха в вентилируемой воздушной прослойке конструкции используют различные методы. Наиболее распространенными являются аналитический метод, основанный на применении теплофизического метода расчета, экспериментальное моделирование и численное моделирование с использованием компьютерных программ [8]. Применение определенного метода зависит от уникальности возводимого объекта, его геометрической формы и конструктивных характеристик.

Наиболее распространенными геометрическими формами бескаркасных арочных покрытий являются округлая, с двумя закруглениями и двухскатная формы (рис. 1).

Их основными конструктивными характеристиками являются пролет (от 6 до 36 м) и высота покрытия ( $1/3 \div 1/2$  от пролета), ограниченные несущей способностью арочного профиля [9].

В качестве основы для исследований по определению скорости воздуха в вентилируемой прослойке принят аналитический метод.

В результате проведенных исследований установлено, что формулы определения скорости воздуха в вентилируемой прослойке утепленных арочных покрытий будут иметь только приближенный вид:

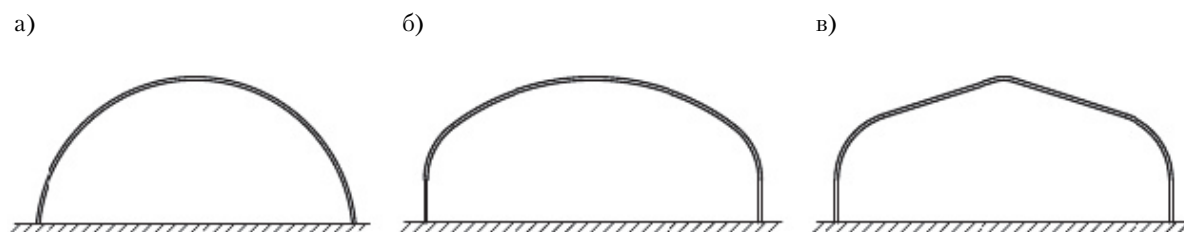
– с наветренной стороны:

$$V_{\text{НАВ}} = \sqrt{\frac{K(C_{e1} - C_{e2})V_{\text{НАВ}}^2 + 0,04L_{\text{арк}}(t_{\text{пр}} - t_{\text{н}})}{\sum_i \xi_i}}, \quad (1)$$

– с подветренной стороны:

$$V_{\text{ПОДВ}} = \sqrt{\frac{K(C_{e3} - C_{e2})V_{\text{ПОДВ}}^2 + 0,04L_{\text{арк}}(t_{\text{пр}} - t_{\text{н}})}{\sum_i \xi_i}}, \quad (2)$$

где  $C_{e1}$ ,  $C_{e2}$  и  $C_{e3}$  – аэродинамические коэффициенты на разных сторонах арочного покрытия по СП 20.13330;



**Рисунок 1.** Геометрические формы бескаркасных арочных покрытий: а) округлая форма; б) форма с двумя закруглениями; в) двухскатная форма.

$V_{\text{нав}}$  и  $V_{\text{подв}}$  – скорости движения наружного воздуха с наветренной и подветренной сторон, м/с;

$L_{\text{арк}}$  – длина дуги арки, м;

$t_{\text{пр}}$  и  $t_{\text{н}}$  – средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха, °С;

$\sum_i \xi_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений, рассчитываемая по формуле:

$$\sum_i \xi_i = \xi_{\text{вх}} + 2\xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{д}} + \xi_{\text{вых}}, \quad (3)$$

где  $\xi_{\text{вх}}$ ,  $\xi_{\text{пов}}$ ,  $\xi_{\text{д}}$  и  $\xi_{\text{вых}}$  – аэродинамические сопротивления на входе, повороте, дуге и выходе, определяемые по справочнику [10].

Это обусловлено тем, что движение воздушных потоков осуществляется от приточных вентиляционных отверстий в пониженной зоне с каждой стороны арки к вытяжным отверстиям в коньковой зоне и скорости этих потоков различны.

Основным параметром, влияющим на подвижность воздуха в вентилируемой прослойке согласно полученным математическим моделям, является скорость движения наружного воздуха с наветренной и подветренной сторон. Согласно нормативным источникам [11] она составляет 4,8 м/ч.

Так как геометрическая форма и конструктивные размеры существенно влияют на скорость воздуха в разных точках на наружной поверхности здания и сооружения, для уточнения этого параметра использовался программный комплекс SolidWorks, и в частности его модуль для моделирования течения жидкостей и газов – Flow simulation, основанный на решении уравнения Навье-Стокса. Используемый пакет данных позволяет получить более полную информацию параметров наружного воздуха при обтекании по-

верхности покрытия и воздушного потока в вентилируемой воздушной прослойке.

В качестве твердотельных моделей, построенных в CAD – среде SolidWorks, были приняты арочные покрытия разной геометрической формы (округлая, форма с двумя закруглениями и двухскатная форма) со следующими конструктивными характеристиками:

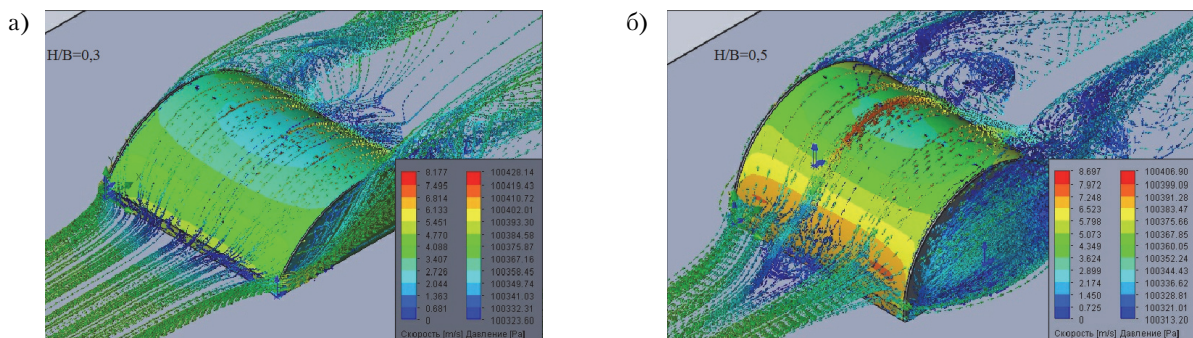
- пролет  $B = 10$  м (не изменяется);
- высота  $H = (1/3 - 1/2)B$ ;
- ширина воздушной вентилируемой прослойки  $t_{\text{пр}} = 0,002$  м (не изменяется);
- количество отверстий на 1 мп покрытия  $k = 3$  шт;
- площадь одного вентиляционного отверстия  $S_{\text{отв}} = 0,495$  см<sup>2</sup>.

Распределение воздушных потоков при заданных параметрах показано на рис. 2 – для покрытия округлой формы, на рис. 3 – для покрытия с двумя закруглениями, на рис. 4 – покрытия двухскатной формы.

При обтекании рассматриваемых твердотельных моделей набегающим потоком воздуха можно выделить следующие характерные зоны для рассматриваемых форм покрытия зоны (рис. 5):

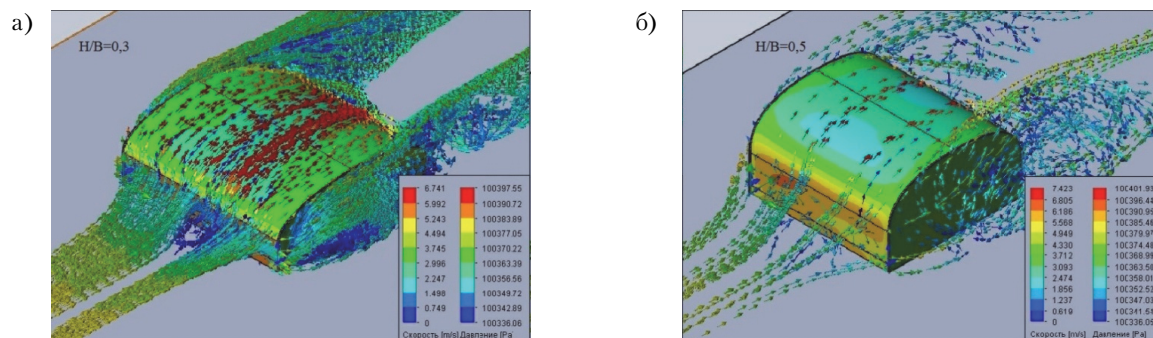
- зона торможения вблизи модели;
- зона концевых эффектов;
- зона отрыва;
- зона максимальных скоростей по образующей поверхности модели (касательное направление потока) [12].

В целом распределение ветрового давления происходит следующим образом: на наветренной стороне действует активное давление вследствие торможения потока (чем больше скорость, тем

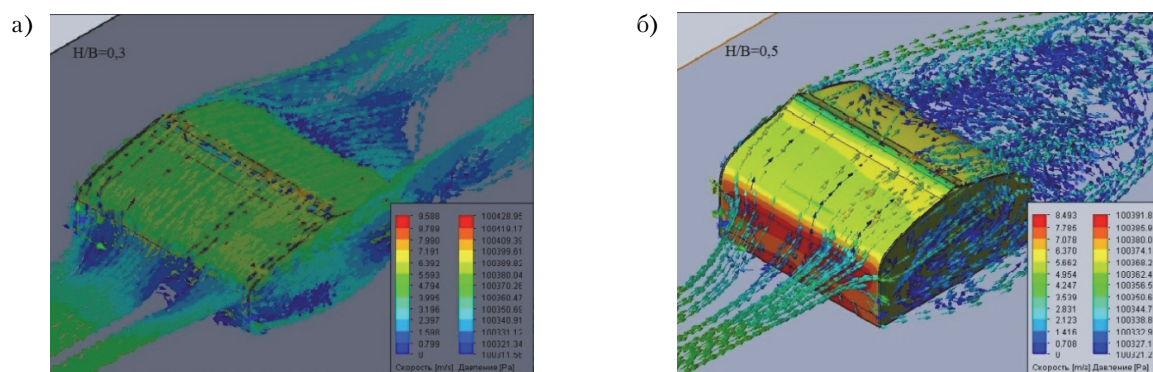


**Рисунок 2.** Распределение давление и скорости воздушного потока по поверхности моделей округлой формы: а) схема распределения давления; б) схема движения воздушного потока.

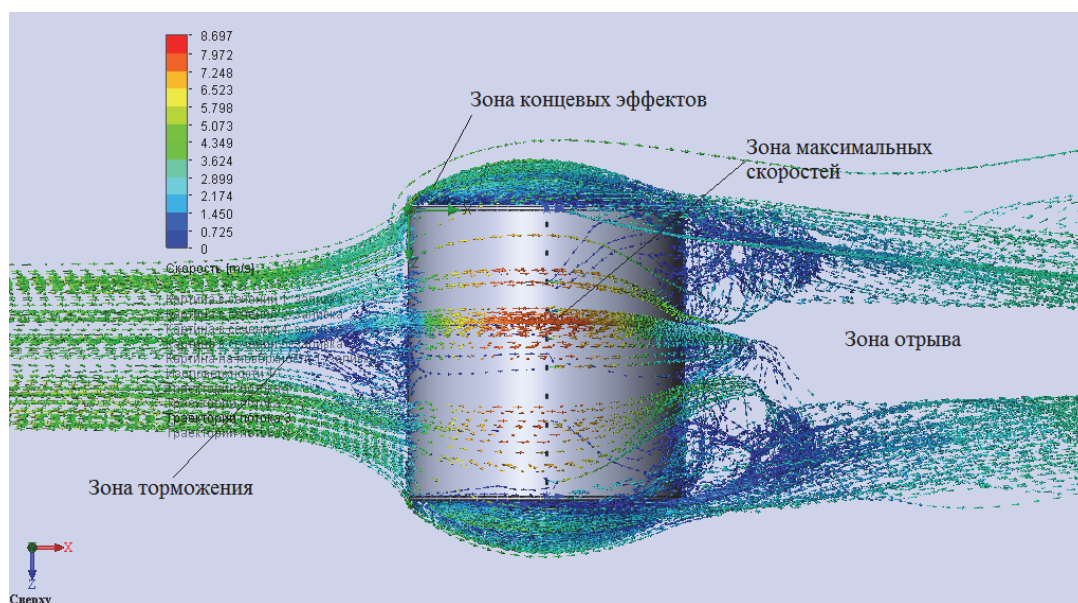




**Рисунок 3.** Распределение давление и скорости воздушного потока по поверхности модели формой с двумя закруглениями: а) схема распределения давления; б) схема движения воздушного потока.



**Рисунок 4.** Распределение давление и скорости воздушного потока по поверхности моделей двухскатной формы: а) схема распределения давления; б) схема движения воздушного потока.



**Рисунок 5.** Распределение ветрового потока по характерным зонам.

больше давление), на подветренной стороне в результате срыва потока – пониженное давление. В верхней части модели также наблюдаются области низкого давления (в зоне максимальных скоростей, чем больше скорость, тем ниже давление).

В моделях с округлой формой с подветренной стороны независимо от отношения пролета к высоте в зоне отрыва образуются два симметричных мощных вихря противоположного направления относительно плоскости  $YOX$ . В области вихрей вектор скорости по оси  $OX$  имеет положительное значение, вследствие чего с подветренной стороны модели воздушный поток не попадает в вентиляционное отверстие. У покрытий с отношением высоты к пролету равной 0,5 в зоне торможения с наветренной стороны образуется подковообразный вихрь (рис. 2). В области этого вихря вектор скорости ветра по оси  $OX$  принимает наибольшее значение при входе в вентиляционное отверстие. У покрытий с отношением высоты к пролету равной 0,3 с наветренной стороны распределение воздушного потока равномерное.

В моделях с формой с двумя закруглениями картина изменения поля давления и траектория ветрового потока подобна моделям с округлой формой, но завихрение образуется при отношении высоты к пролету равной 0,3. Кроме того, с подветренной стороны модели при сходе воздушных потоков создается хаотическое распределение траекторий движения потока.

Для обеих форм характерно увеличение скорости воздушных потоков в зоне максимальных скоростей в среднем в 1,5 раза от первоначальной скорости потока. Также замечено, что скорость ветрового потока в этой зоне также зависит от отношения высоты к пролету. Для округлых покрытий скорость увеличивается при увеличении отношения высоты к пролету, а для покрытий с двумя закруглениями – наоборот уменьшается (рис. 2 и рис. 3).

Кроме того, скорость потока в зоне максимальных скоростей на поверхности модели округлой формы в 1,2–1,3 раза больше, чем на модели с двумя закруглениями при заданных одинаковых геометрических параметрах. Это можно объяснить тем, что модели с округлой формой обладают большей областью попереч-

ного сечения по отношению к вектору скорости набегающего потока.

В покрытии двухскатной формы, в зоне максимальных скоростей, на участке, расположенном в коньковой области, скорость воздушного потока увеличивается от первоначальной почти в 2 раза. Однако в большей части этой области с наветренной стороны для обеих арок скорость увеличивается в 1,3 раза от первоначальной скорости.

Область концевых эффектов для всех геометрических форм бескаркасных арочных покрытий характеризуется увеличением скорости воздушного потока за счет резкого поворота при обгibanии модели.

Для анализа скорости движения воздуха (м/с) и давления (Па) на поверхностях покрытия в зависимости от расположения объекта (наветренная и подветренная сторона), его высоты и формы были заданы контрольные точки КТ 1, КТ 2, КТ 3. Скорость ветра принималась в зависимости от максимального значения вектора по оси  $OX$ .

Согласно численному моделированию воздушного потока при обтекании моделей различных форм были получены картины изменения давления и скорости на поверхности арочного покрытия.

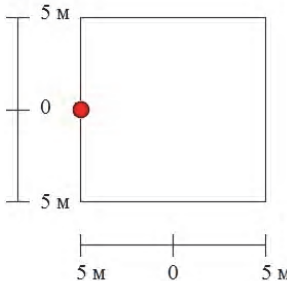
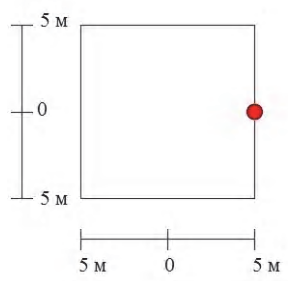
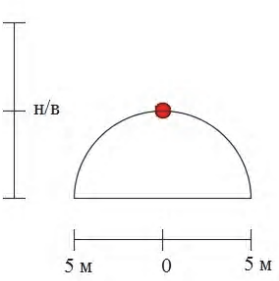
Для анализа скорости движения воздуха в вентилируемой прослойке получены следующие значения скорости внешнего воздушного потока непосредственно на поверхности входных и выходных вентиляционных отверстий (табл. 1).

Отсутствие данных о скорости ветра с подветренной стороны до середины покрытия относительно плоскости  $YOX$  объясняется тем, что вектор скорости по оси  $OX$  имеет положительное значение, вследствие чего внешний воздушный поток не попадает в вентиляционное отверстие.

Исходя из полученных значений параметров внешнего воздушного потока при обтекании арочных покрытий разной геометрической формы с принятыми конструктивными параметрами установлено, что геометрическая форма и конструктивные параметры влияют не только на скорость воздуха в вентилируемой прослойке бескаркасных арочных покрытий, но и на его направление.

Для покрытий с округлой формой установлено, что:

Таблица 1. Значения скорости и давления ветрового потока в контрольных точках

| Наименование                         | Наветренная сторона<br>КТ1  |         | Подветренная сторона<br>КТ2  |         | Вершина модели<br>КТ3   |         |
|--------------------------------------|---|---------|--|---------|---|---------|
| Расположение<br>контрольной<br>точки |  |         |  |         |  |         |
|                                      | Округлая форма  |         |  |         |   |         |
| Н/В                                  | 0,3   | 0,5     | 0,3  | 0,5     | 0,3   | 0,5     |
| Скорость, м/с                        | 0,866   | 2,354   | 1,515  | 1,116   | —   | —       |
| Давление, КПа                        | 100,382   | 100,382 | 100,376  | 100,374 | 100,365   | 100,360 |
| Форма с двумя закруглениями          |   |         |  |         |   |         |
| Н/В                                  | 0,3   | 0,5     | 0,3  | 0,5     | 0,3   | 0,5     |
| Скорость, м/с                        | 1,942   | 3,005   | —  | —       | —   | —       |
| Давление, КПа                        | 100,382   | 100,385 | 100,374  | —       | 100,372   | 100,369 |
| Двухскатная форма                    |   |         |  |         |   |         |
| Н/В                                  | 0,3   | 0,5     | 0,3  | 0,5     | 0,3   | 0,5     |
| Скорость, м/с                        | 2,475   | 1,790   | 1,096  | 0,411*  | —   | —       |
| Давление, КПа                        | 100,380   | 100,381 | 100,375  | 100,371 | 100,359   | 100,365 |

- внешний воздушный поток попадает в вентилируемую прослойку с обеих сторон арки;
- с увеличением высоты скорость воздуха на входе в вентилируемую прослойку увеличивается;
- для арочных покрытий с меньшей высотой ( $H/B = 0,3$ ) скорость воздуха с наветренной стороны на входе в отверстие меньше в 1,7 раза, чем скорость на входе с подветренной стороны. При увеличении высоты арки ( $H/B = 0,5$ ) входящая скорость воздуха в вентилируемые отверстия с наветренной стороны увеличивается в 2,1 раза по сравнению с подветренной стороной.

Для арочных покрытий с формой с двумя закруглениями установлено, что:

- в воздушную вентилируемую прослойку через вентиляционные отверстия воздушный поток при обтекании покрытия попадает лишь с наветренной стороны покрытия;
- с увеличением высоты арки скорость воздуха с наветренной стороны увеличивается.

В покрытиях двухскатной формы установлено, что:

- воздушный поток в вентилируемую прослойку через вентиляционные отверстия попадает по всей поверхности покрытия как с наветренной, так и с подветренной стороны. При увеличении высоты арки с подветренной стороны через вентиляционные отверстия воздушный поток попадает частично с середины покрытия, так как по всей высоте

арки образуются вихревые зоны воздушно-го потока, с переменной скоростью и направлениями;

- при увеличении высоты арки увеличивается отношение между скоростями с наветренной и подветренной сторон (например, для арок с  $H/B = 0,5$  скорость воздуха с подветренной стороны меньше в 4 раза, чем с наветренной стороны);
- с увеличением высоты арки скорость воздуха с наветренной стороны уменьшается (в отличие от полукруглых арок и арок формой с двумя закруглениями).

Также установлено, что в зоне максимальных скоростей на вершине покрытия (контрольная точка КТ 3) независимо от геометрической формы и конструктивных размеров арочного покрытия на вентиляционное отверстие действует только давление от воздушного потока, приблизительно равное 100,36 кПа.

## Литература

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] / В. Н. Богословский. – СПб. : «АВОК Северо-Запад», 2006. – 400 с.
2. Гагарин, В. Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01, 05.23.03 / Гагарин Владимир Геннадьевич. – М., 2000. – 396 с.
3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.
4. Sedlbauer, K. Luftkonvektions einflüsse auf den Warmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwollgedämmung [Текст] / K. Sedlbauer, H. M. Kunzel // WKSБ. 1999. Jg. 44. P. 43.
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [Текст] : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). – Введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион, Россия, 2012. – 95 с.
6. СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты [Текст]. – Введ. впервые 2018-05-15. – М. : Минстрой России, 2017. – 60 с.
7. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Текст]. – Вводиться вперше ;

## Вывод

Численное моделирование позволило определить ветровые воздействия на арочные покрытия и показало влияние геометрической формы и конструктивных решений арочных покрытий на значения входных параметров воздушного потока. Установлено, что геометрическая форма влияет не только на скорость воздуха в вентилируемой прослойке, но и на его направление. Выявлено, что увеличение высоты арки для полукруглых покрытий и покрытий с двумя закруглениями приводит к увеличению скорости воздуха на входе в вентиляционное отверстие, а для двускатных арок – наоборот, к уменьшению.

Необходимы дальнейшие исследования, направленные на определение ветровых воздействий на арочные покрытия с учетом изменения не только геометрической формы и конструктивных размеров, но и изменением параметров вентилируемой воздушной прослойки.

## Reference

1. Bogoslovsky, V. N. Building thermal physics (thermophysical basics of heating, ventilation and air conditioning) [Text]. Saint Petersburg : «ABOK Nor'-West», 2006. 400 p. (in Russian)
2. Gagarin, V. G. Theory of the state and transfer of moisture in building materials and heat-shielding properties of building envelope [Text] : author's abstract of Sc. D. Thesis : 05.23.01, 05.23.03. M., 2000. 396 p. (in Russian)
3. Fokin, K. F. Building heat engineering of building envelopes [Text]. 4th ed., revised and supplemented. – Moscow : Stroizdat, 1973. 287 p. (in Russian)
4. Sedlbauer, K.; Kunzel, H. M. Luftkonvektions einflüsse auf den Warmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwollgedämmung [Text]. In: WKSБ. 1999. Jg. 44. P. 43. (in German)
5. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings [Text]. M. : Ministry of regional development, Russia, 2012. 95 p. (in Russian)
6. SP 345.1325800.2017 Residential and public buildings. Thermal protection design rules [Text]. M. : Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, 2017. 60 p. (in Russian)
7. DBN V.2.6-33:2008 Construction of buildings and structures. Exterior wall designs with front thermal insulation. Requirements for design, installation and operation [Text]. K. : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. 21 p. (in Ukrainian)
8. Podayeva, O. I.; Dunichkin, I. V. Architectural



- надано чинності 2009-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 21 с.
8. Поддаева, О. И. Архитектурно-строительная аэродинамика [Электронный ресурс] / О. И. Поддаева, И. В. Дуничкин // Вестник МГСУ. 2017. Выпуск 12. № 6(105). С. 602–609. – Режим доступа : DOI 10.22227/1997-0935.2017.6.602-609.
  9. Липленко, М. А. Несущая способность бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей с поперечно-гофрированными гранями [Текст] : дис....канд. тех. наук : 05.23.01 / Максим Александрович Липленко. – Москва, 2017. – 214 с.
  10. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И. Е. Идельчик ; под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 671 с.
  11. СП 131.13330.2012. Строительная климатология [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 23 -01- 99\* ; введ. 2013-01-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 113 с.
  12. Ушаков, В. А. Анализ обтекания тел с отрывом потока в системе SolidWorks/FloWorks [Текст] / В. А. Ушаков // Международный информационно-аналитический PLM журнал, CAD/CAM/CAE Observer. 2003. №3 (12). С. 32–37.
  - aerodynamics [Electronic resource]. In: *Bulletin of the MGSU*. 2017. Vol. 12. № 6(105). P. 602–609. Access mode : DOI 10.22227/1997-0935.2017.6.602-609. (in Russian)
  9. Liplenko, M. A. Bearing capacity of frameless arched coverings made of cold-formed steel profiles with cross-corrugated edges [Text] : Ph. D. (Eng.) thesis : 05.23.01. Moscow, 2017. 214 p. (in Russian)
  10. Idelchik, I. Ye. Hydraulic Resistance Handbook [Text]. Edited by M. O. Shteynberg. 3th ed., revised and supplemented. M. : Mashinostroyeniye, 1992. 671 p. (in Russian)
  11. SP 131.13330.2012. Building climatology [Text]. M. : Ministry of regional development, Russia, 2012. 113 p. (in Russian)
  12. Ushakov, V. A. Analysis of the flow around bodies with separation of the flow in the system SolidWorks/FloWorks [Text]. In: *International information and analytical PLM magazine, CAD/CAM/CAE Observer*. 2003. № 3 (12). P. 32–37. (in Russian)

**Мазур Виктория Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

**Чайка Мария Александровна** – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология устройства теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений.

**Мазур Вікторія Олександрівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вдосконалення конструктивно-технологічних рішень по улаштуванню та капітального ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

**Чайка Марія Олександрівна** – аспірант кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія улаштування теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

**Mazur Victoriia** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Organization of Building Department, Donbas national academy of civil engineering and architecture. Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the arrangement and overhaul of building envelopes of buildings and structures.

**Mariia Chaika** – Post-graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technology of thermal insulation of enclosing structures of buildings and structures.