Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2024, Том 16, № 6 / 2024, Vol. 16, Iss. 6 https://esj.today/issue-6-2024.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/33SAVN624.pdf

2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Гагарин, В. Г. Экспериментальные исследования формирования внутреннего давления в воздушном слое навесных фасадных систем / В. Г. Гагарин, П. П. Пастушков, Н. В. Павленко, А. С. Кубенин, Д. П. Алексеев // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 6. — URL: https://esj.today/PDF/33SAVN624.pdf

For citation:
Gagarin V.G., Pastushkov P.P., Pavlenko N.V., Kubenin A.S., Alekseev D.P. Experimental study of the influence of wind loads on the distribution of internal pressure inside a structure with permeable facades. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(6): 33SAVN624. Available at: https://esj.today/PDF/33SAVN624.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

Гагарин Владимир Геннадьевич
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук», Москва, Россия
Заведующий лабораторией
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: gagarinvg@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=292976

Пастушков Павел Павлович
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук», Москва, Россия
Ведущий научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия
Кандидат технических наук
E-mail: pavel-one@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=690327

Павленко Наталья Викторовна
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук», Москва, Россия
Старший научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: nv-pavlenko@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=556985

Кубенин Александр Сергеевич
ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук», Москва, Россия
Ведущий научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Россия
Кандидат технических наук
E-mail: kube-n@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=935093

Алексеев Дмитрий Павлович
ООО «СовТИГаз», Москва, Россия
Главный специалист
E-mail: alekseev210@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687192

Экспериментальные исследования формирования внутреннего давления в воздушном слое навесных фасадных систем

Аннотация. В работе поставлена задача экспериментального исследования внешних ветровых воздействий на воздухопроницаемые ограждения и их влияний на формирование полей давления внутри их замкнутых объемов. Ветровые нагрузки могут оказывать большое воздействие на прочность и ресурс конструкций.

Целью исследования было получение в результате серии экспериментов зависимости распределения коэффициентов внешнего и внутреннего аэродинамического давления Ср на ограждающих поверхностях модели при изменении угла атаки и схемы расположения открытых сквозных проёмов. В ходе экспериментов учитывалось влияние внешних ветровых нагрузок на формирующееся поле внутреннего давления. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе. Скорость потока варьировалась в диапазоне от 20 до 26 м/с при различных углах атаки. Всего было исследовано 19 углов. Также исследовалось влияние относительной ширины вентилируемого зазора и относительной площади сквозных проёмов при различных схемах их расположения. Измерение поля давления осуществлено с помощью датчиков давления, расположенных на внешних фасадах модели и внутри нее. В результате проведенных экспериментов получены значения безразмерного коэффициента внутреннего давления от определяющих режимных и геометрических факторов. Кроме того, изучено влияния толщины вентилируемого зазора на поле внутреннего давления. Показано, что внутри объекта создаётся постоянное по объёму давление, которое, однако, существенно зависит от расположения отверстий и распределения внешнего давления на поверхности объекта. Угол атаки влияет на распределение внешнего давления. Толщина воздушной прослойки не оказывает значительного влияния на коэффициент внутреннего давления.

Ключевые слова: ветровые нагрузки; вентилируемые навесные фасады; коэффициент давления; аэродинамическая труба; эксперимент; внутреннее давление; внешнее давление; вентилируемый зазор

Введение

Большое внимание на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий отводится к расчету ветровых нагрузок, т. к. наиболее точный учет этих нагрузок очень важен в вопросах прочности, устойчивости и долговечности строительных конструкций и комфортности пребывания людей в помещениях. Поэтому исследования в области ветровых нагрузок и воздействий на здания и прочие строительные сооружения является актуальной задачей для научной и инженерной практики.

При обтекании настилающим потоком ветра любое здание испытывает на фасадах действие неравномерно распределенного ветрового давления, что сказывается, соответственно, и на формирование внутренних давлений в замкнутых объемах здания.

Разница между внутренним и внешним давлением на границах внешнего ограждения зданий определяет скорость поступления холодного воздуха внутрь помещений через проницаемые ограждения, а также силу воздействия на сами ограждения. Эти факторы прямым образом влияют на энергозатраты на отопление помещений и безопасность эксплуатации ограждающих конструкций.

Методы определения внешнего давления ветра на фасадах зданий и сооружений широко известны и описаны во многих работах и документах [1–4]. Но вопросы

распределения внутреннего давления в условиях внешних воздействий ветра на проницаемые ограждения всё ещё мало изучены и не получили должного отражения в научных работах и нормативных документах. Это напрямую влияет на точность расчёта ограждающих конструкций и может являться причиной больших ошибок при расчетах необходимых затрат энергии на обогрев жилых и производственных помещений, а также при оценке безопасности эксплуатации ограждающих конструкций.

В текущей статье отражены экспериментальные исследования внешних ветровых воздействий на воздухопроницаемые ограждения зданий и их влияний на формирование полей давления внутри их замкнутых объемов.

В строительстве широко применяются системы вентилируемых навесных фасадов (НФС), которые состоят из нескольких элементов: облицовки (плит или листовых материалов) и подоблицовочной конструкции. Последняя крепится к стене таким образом, чтобы между облицовкой и стеной (или волокнистым утеплителем на внешней стороне облицовки) образовалась воздушная прослойка для вентиляции — так называемый, вентзазор.

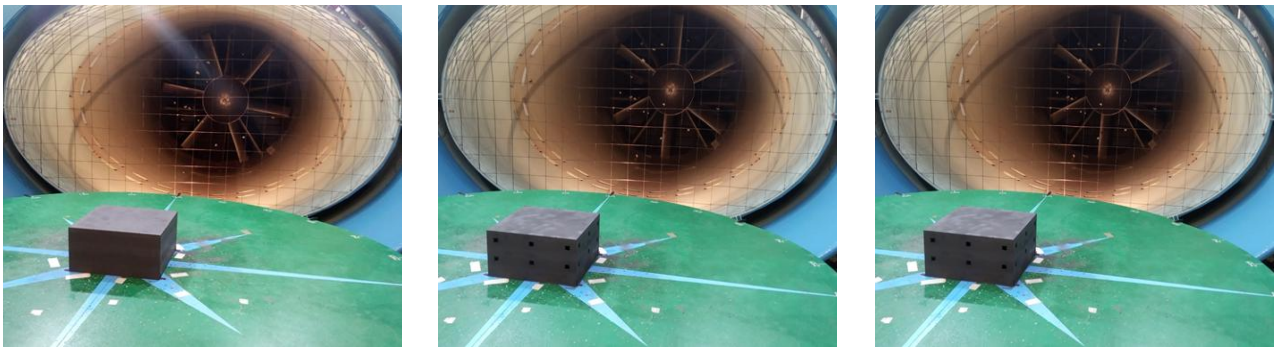
Облицовочный слой НФС обычно представляет собой проницаемый экран с щелевыми каналами, через которые происходит воздухообмен между пространствами, разделёнными фасадом. Основным параметром в таком случае, который не имеет размерности, является относительная площадь щелей облицовочного слоя на единицу площади фасада здания. Знание распределения внешнего давления на фасаде здания позволяет определить внутренние течения и внутреннее давление в воздушном зазоре НФС [5]. Для упрощения задачи можно разделить её на две части: внешнюю и внутреннюю [6], а облицовочный слой рассматривать как равномерно проницаемую поверхность [5–7]. Это позволяет не учитывать детализацию течений через щели облицовки [8].

В работах [9; 10] представлены результаты эмпирических исследований течений в вентзазорах НФС, проведённых в аэродинамической трубе. Они показывают, как различные параметры влияют на изменение давления в воздушном зазоре НФС при квазистационарном обтекании постоянным ветровым потоком. В результате ветровых воздействий формируется переменное распределение внешнего давления по облицовке фасадов. Под действием градиентов внешнего давления возникает внутреннее течение в воздушном зазоре навесных конструкций, и внутреннее распределение давления в результате отличается от внешнего. Перепад внешнего и внутреннего давлений определяет нагрузку на фасадные конструкции. В зависимости от соотношения давлений такая нагрузка может оказывать прижимающее или отрывающее воздействие на облицовочные плиты навесных фасадов. Фактически, поступление атмосферного воздуха в прослойку НФС и отвод из воздушной прослойки НФС наружу происходит под действием перепада внешнего и внутреннего давления через целевые каналы между прямоугольными непроницаемыми панелями облицовки НФС. Относительная площадь щелей в облицовке НФС, как правило, не превышает 3 %. В [6] сделано важное предположение, что в этом случае избыточное внешнее давление, формирующееся под действием ветра, практически не будет зависеть от относительной площади щелей, а также и от течения внутри воздушной прослойки НФС. В таком случае его можно определять так же, как ветровую нагрузку для непроницаемого фасада.

Метод исследования

Чтобы выявить закономерности формирования внутреннего давления в воздушных полостях зданий и фасадных конструкций с проницаемыми поверхностями, было решено провести серию опытов. В ходе экспериментов учитывалось влияние внешних ветровых нагрузок на формирующееся поле внутреннего давления.

Поскольку прямоугольные формы являются наиболее распространёнными среди типичных строительных конструкций, для лабораторных испытаний были выбраны прямоугольные модели в виде параллелепипедов с соотношением сторон 0,5×0,5×0,25 м^3. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с целью изучения влияния внешнего ветрового потока на формирование внутреннего давления в воздушных полостях прямоугольных моделей зданий и навесных фасадных систем (НФС) с воздухопроницаемыми поверхностями. Скорость потока варьировалась в диапазоне от 20 до 26 м/с при изменении угла атаки от 0 до 90 градусов с шагом 5 градусов (всего было исследовано 19 углов). Также исследовалось влияние относительной ширины вентилируемого зазора (3 варианта) и относительной площади сквозных проёмов при различных схемах их расположения (более трех значений при 12-ти схемах расположения отверстий проницаемости). На рисунке 1 изображены модели обдуваемой в аэродинамической трубе конструкций.



а *б* *в*

Рисунок 1. *Модель здания для измерений распределения внешнего давления: а — с непроницаемыми фасадами, б — с проницаемыми фасадами, в — с проницаемыми фасадами и регулируемой внутренней перегородкой (разработано авторами)*

Для измерения давления в модели были созданы дренажные отверстия на фасаде, к которым подключались трубки, ведущие к датчикам давления. Этот метод является стандартным в экспериментальной аэродинамике для определения распределения давлений на объекте.

Схемы расположения мест отбора давления для модели с непроницаемыми фасадами приведены на рисунках 2, 3.

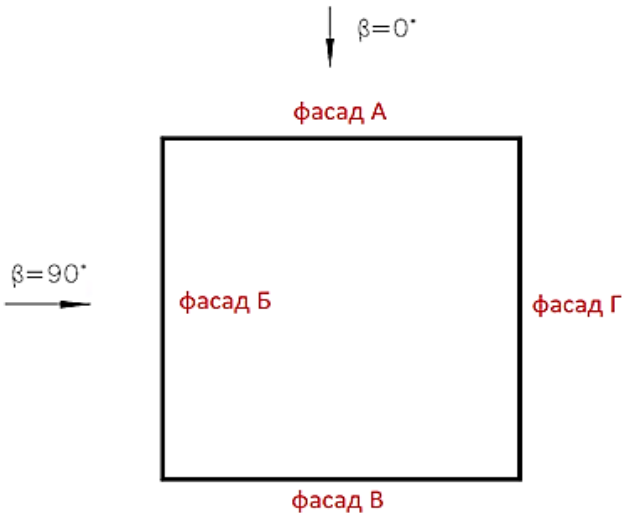


Рисунок 2. *Схематический вид модели с обозначением фасадов и направлением потоков (разработано авторами)*

На рисунке 4 приведены места измерения давления внутри модели, а также варианты расположений отверстий, аппроксимирующих проницаемость фасадов модели. Схема измерений для случая с перемещаемой внутренней перегородкой показана на рисунке 5.

Целью исследования было получение зависимости распределения коэффициентов внешнего и внутреннего аэродинамического давления *Cp* на ограждающих поверхностях модели при изменении угла атаки и схемы расположения открытых сквозных проёмов.

Эксперименты проведены с применением аэродинамической трубы А6, имеющей сертификат ГЦИ СИ ЦАГИ № 7-35/16. Ширина фасадов модели L = 0,5 м, а их высота H = 0,25 м. Измерение поля давления осуществлено с помощью датчиков давления, расположенных на внешних фасадах модели и внутри нее.

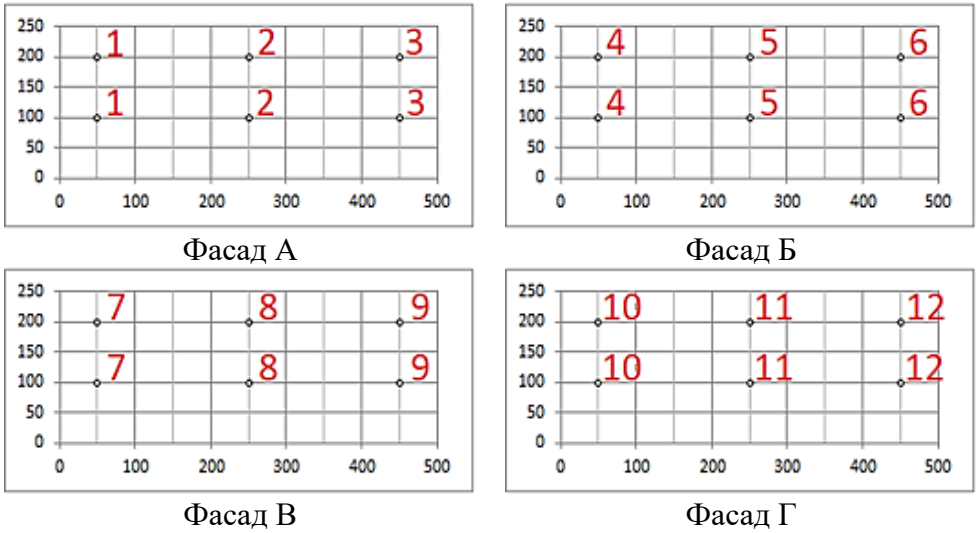
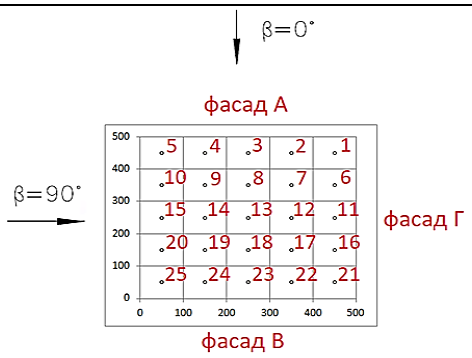


Рисунок 3. *Расположение мест отбора давления. Фасады А-Б-В-Г (разработано авторами)*

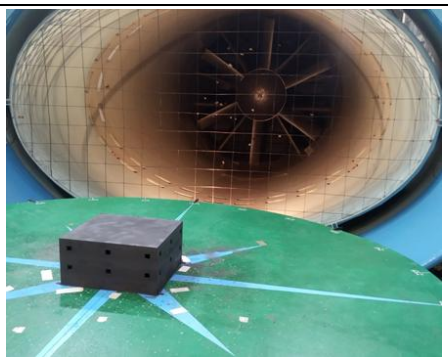
Боковые грани конструкции изготовлены с возможностью выборочного освобождения квадратных сквозных проемов размером 0,025×0,025 м^2 (рис. 3).

Для моделирования вентилируемого зазора НФС предусмотрена установка внутренней непроницаемой перегородки на расстоянии h параллельно боковой грани модели с возможностью варьирования h от 0,05 м до 0,15 м (рис. 5).

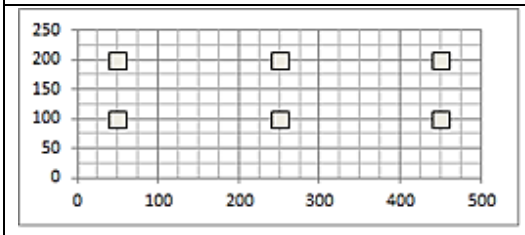
Все эксперименты были проведены в условиях, соответствующих интервалу автомодельности по числу Рейнольдса. Для проверки выхода на режим автомодельности по числу Рейнольдса использовался экспериментальный метод. Он заключается в том, что испытания макета повторяются с увеличением скорости потока (и, как следствие, числа Рейнольдса) в диапазоне от минимальных до максимально возможных значений. Затем определяется безразмерный коэффициент аэродинамического давления и строится его зависимость от числа Рейнольдса. Если эта зависимость выходит на горизонтальную «полку», то это означает, что в эксперименте был достигнут режим автомодельности по числу Рейнольдса. В экспериментальной аэродинамике известно, что тела с плоскими гранями и острыми угловыми кромками скорее других попадают в область автомодельности по числу Рейнольдса (уже начиная с *Re = 10 000* и менее). Модель, выбранная для испытаний, в форме параллелепипеда полностью удовлетворяет данном требованию. Предварительные испытания по определению диапазона автомодельности почислу Рейнольдса показали, что, начиная со значения V = 15 м/с, увеличение скорости на 25, 50 и 75 % не приводит к значимым изменениям аэродинамического коэффициента для базовой конфигурации модели: при углах атаки от 0 до 90 градусов (колебания Ср не превышают 5 %).



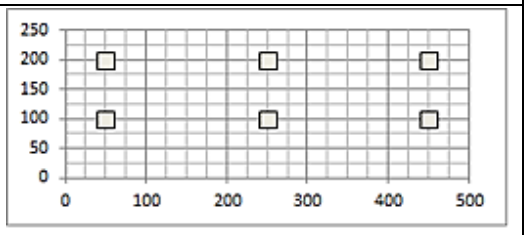
а)



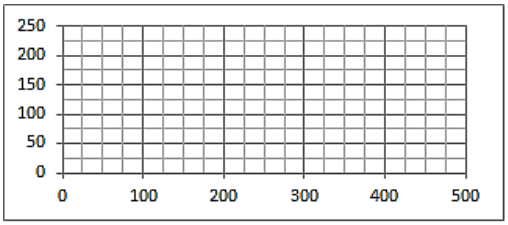
б)



Фасад А

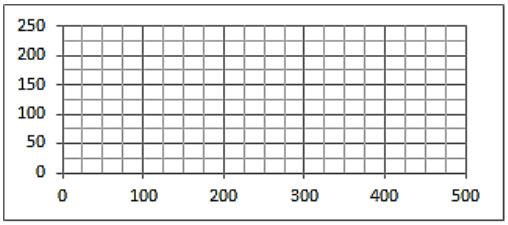


Фасады А, В



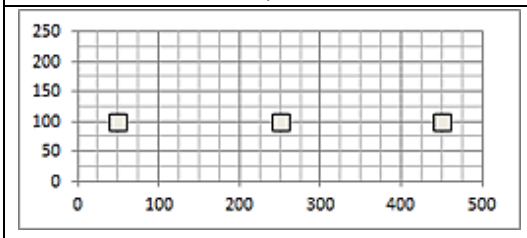
Фасады Б-Г

в)

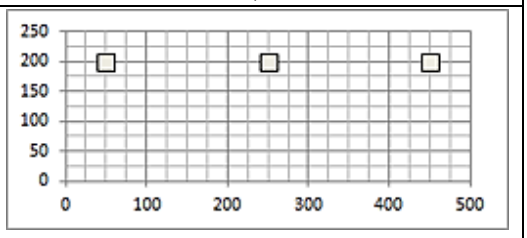


Фасады Б, Г

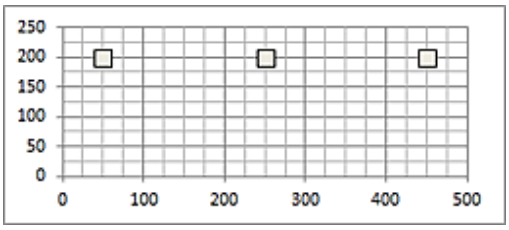
г)



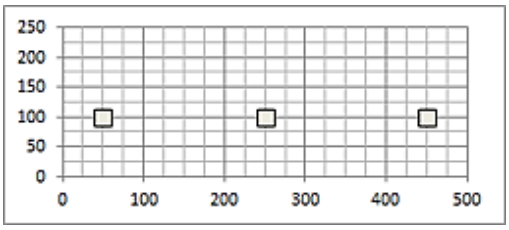
Фасад А



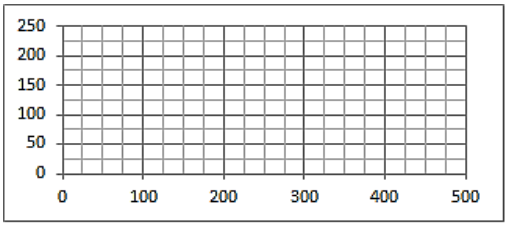
Фасад А



Фасад В

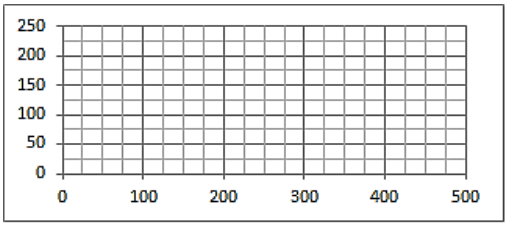


Фасад В



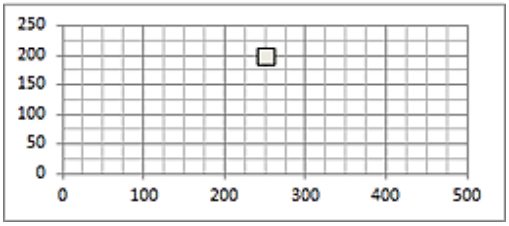
Фасады Б, Г

д)

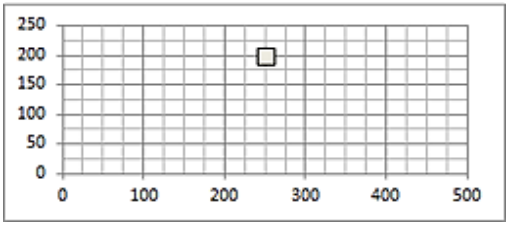


Фасады Б, Г

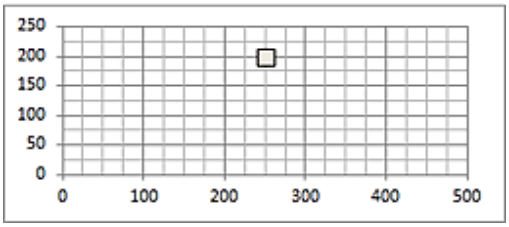
е)



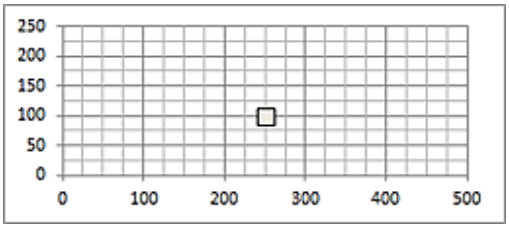
Фасад А



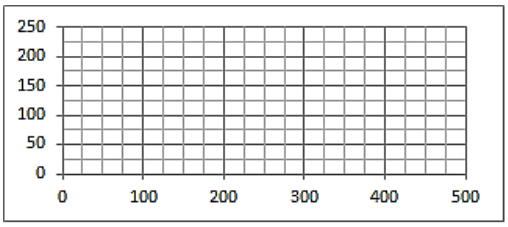
Фасад А



Фасад В

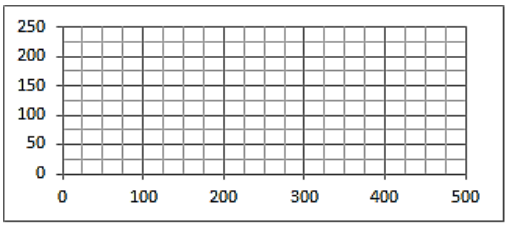


Фасад В



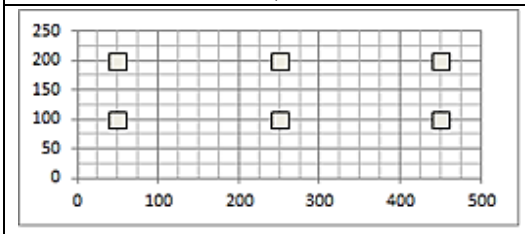
Фасады Б, Г

ж)

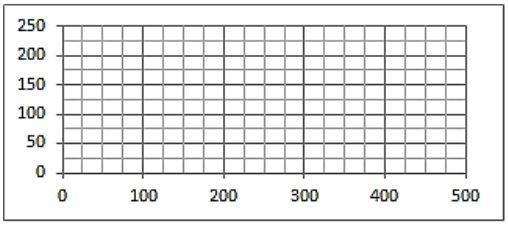


Фасады Б, Г

з)

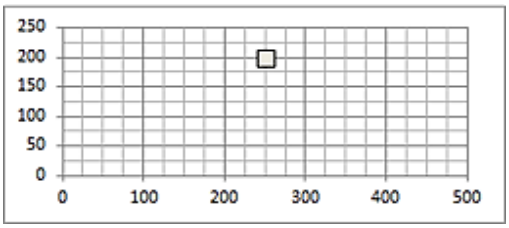


Фасады А, В, Г



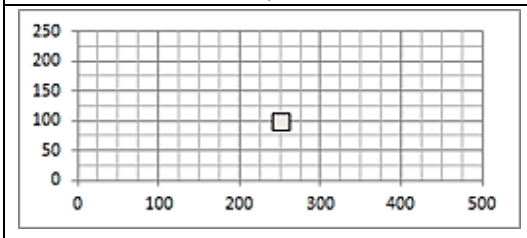
Фасад Б

и)



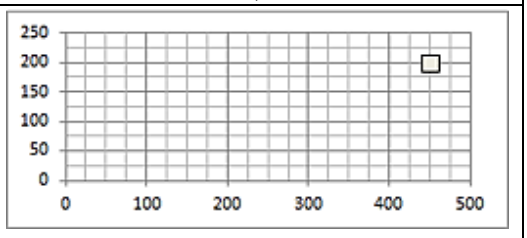
Фасады А–Г

к)



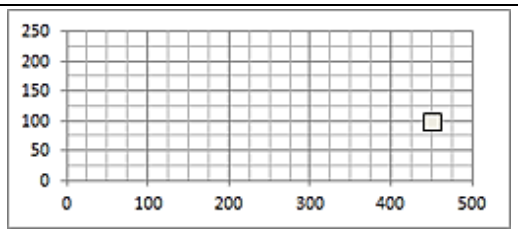
Фасады А–Г

л)



Фасады А–Г

м)



Фасады А–Г

н)

Рисунок 4. *Проницаемая модель при измерениях распределений внутреннего давления: а — схема расположения дренажных отверстий на внутренней нижней стенке модели; б — проницаемая модель в АДТ; в–н — варианты схем проницаемости фасадов модели (разработано авторами)*

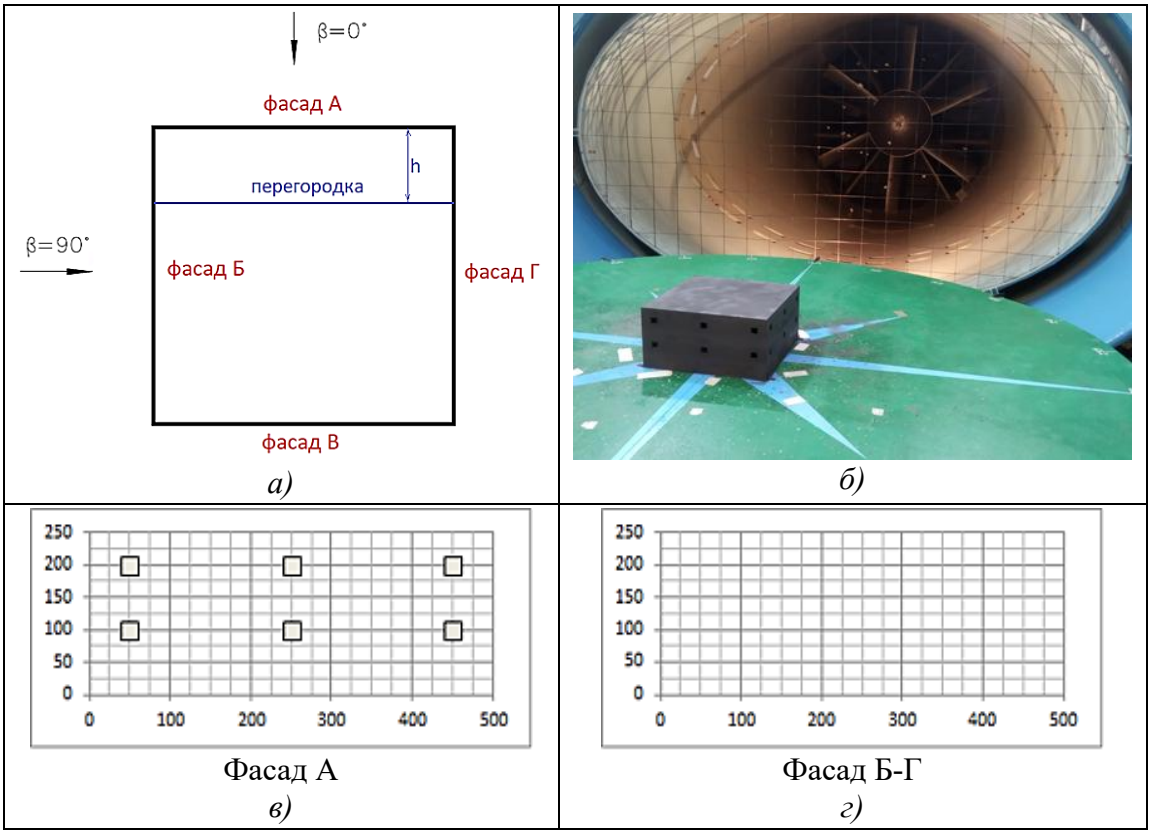


Рисунок 5. *Проницаемая модель с внутренней непроницаемой перегородкой: а — схема расположения перегородки; б — вид модели в АДТ; в, г — схемы распределения проницаемости на фасадах (разработано авторами)*

Основная серия экспериментов была проведена в диапазоне скоростей воздушного потока V = 20–26 м/с. Соответствующее число Рейнольдса, вычисленное по высоте модели, составляло *Re = 4,1E5*. Был проведен обдув в аэродинамической трубе трех моделей: модель с непроницаемыми стенами; модель с изменяемой проницаемостью фасадов; модель с проницаемыми фасадами и внутренней перемещаемой перегородкой (рис. 4, 5).

Результаты экспериментов

В результате проведенных экспериментов получены значения безразмерного коэффициента внутреннего давления от определяющих режимных и геометрических факторов в форме:

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

$$C_{p\,j} = \frac{P_j}{0.5\rho V^2},$$

где:

P_j — среднее значение давления в дренажной точке j;

ρ — плотность воздуха кг/м^3;

V — скорость набегающего невозмущенного ветрового потока м/с.

На рисунках 5, 6 представлены зависимости коэффициента внешнего давления от угла атаки в контрольных точках j = 1–12 на высотах нижнего и верхнего ярусов:

z1 = 0,4 H — нижний ярус;

z2 = 0,8 H — верхний ярус.

при испытаниях непроницаемой модели (рис. 2).

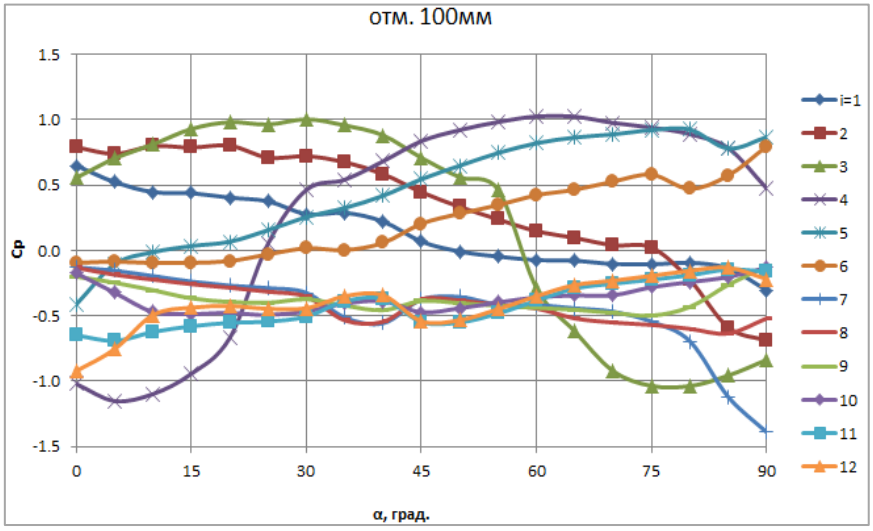


Рисунок 6. *Экспериментальные зависимости Cp = f(α) на внешней стороне фасадов непроницаемой модели в зависимости от угла атаки на высоте нижнего яруса z1 (разработано авторами)*

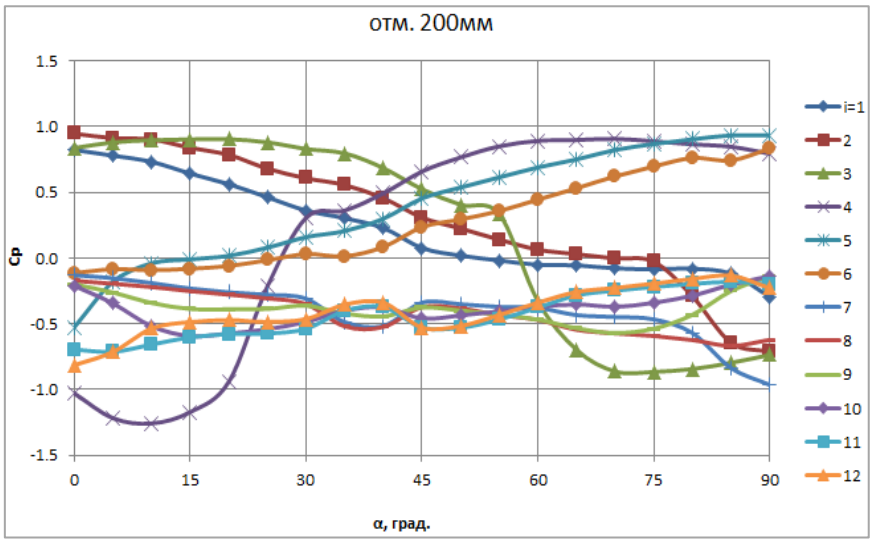
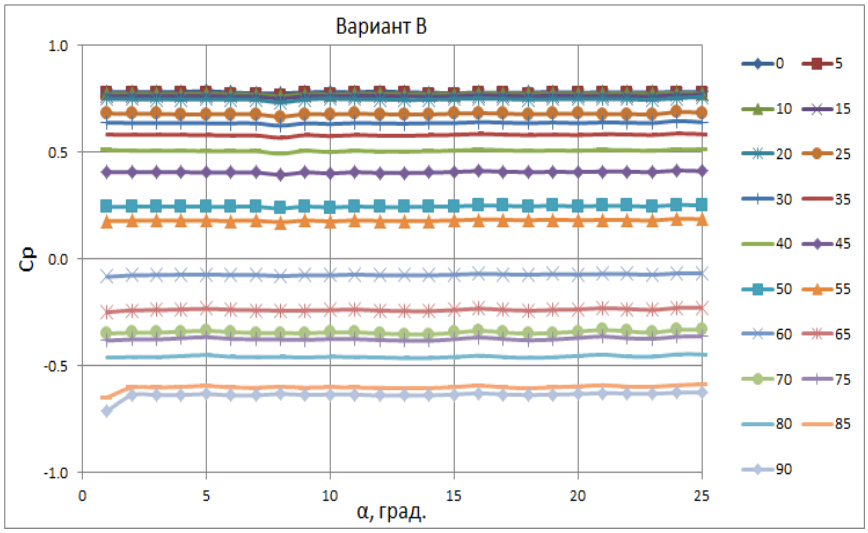
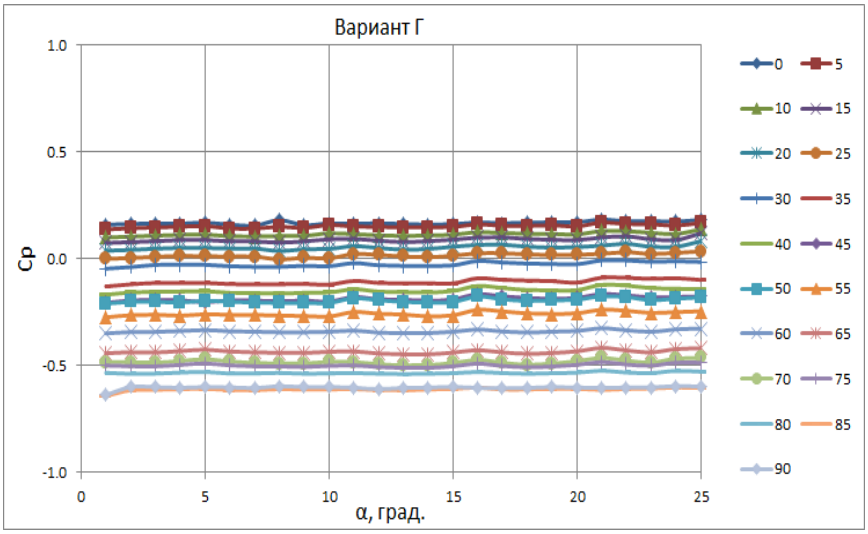


Рисунок 7. *Экспериментальные зависимости Cp = f(α) на внешней стороне фасадов непроницаемой модели в зависимости от угла атаки на высоте верхнего яруса z2 (разработано авторами)*

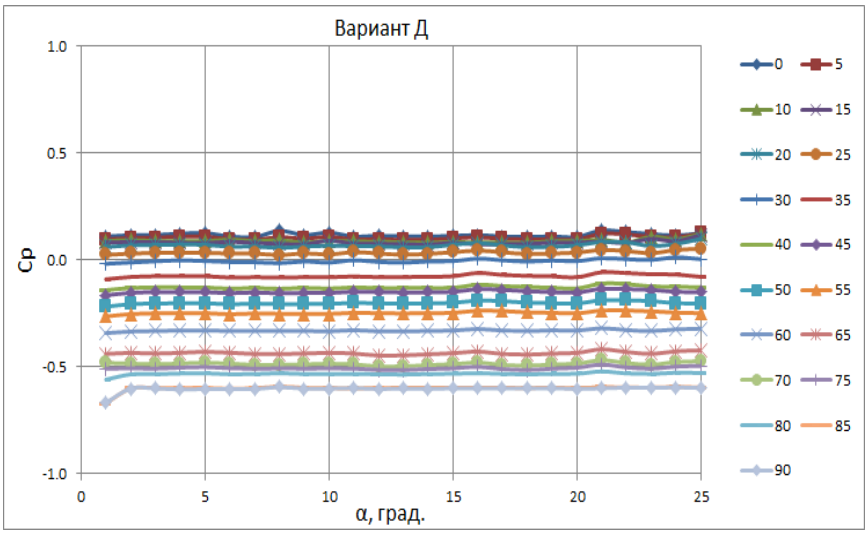
На рисунке 8 построены безразмерные распределения давлений на внутренней нижней стенке модели для различных вариантов «в–н» открытых сквозных проемов в ограждении.



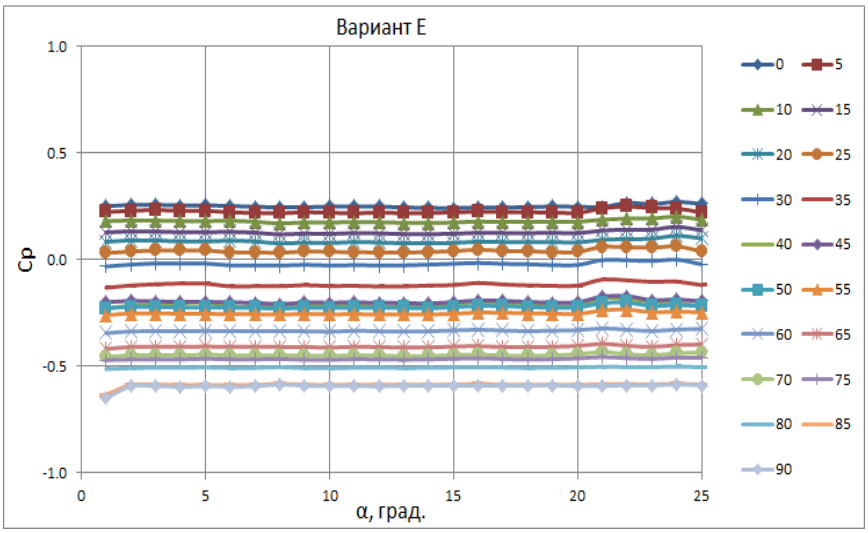
а)



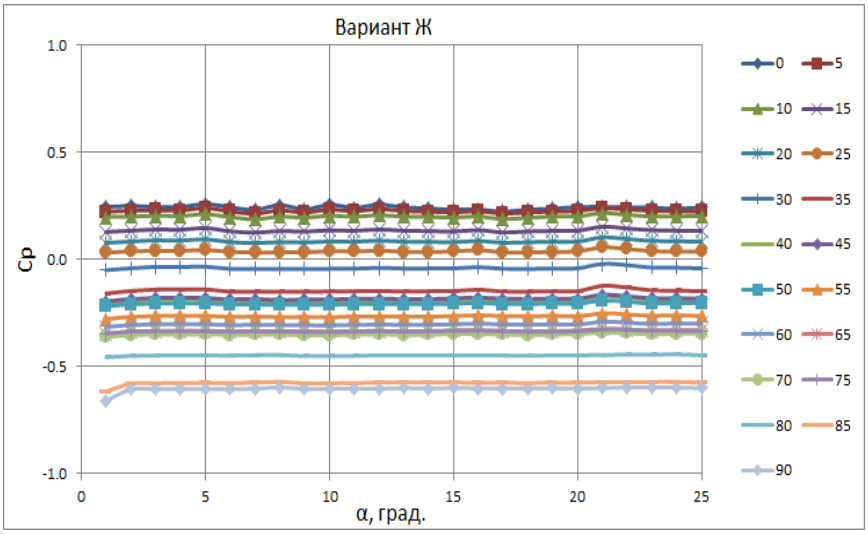
б)



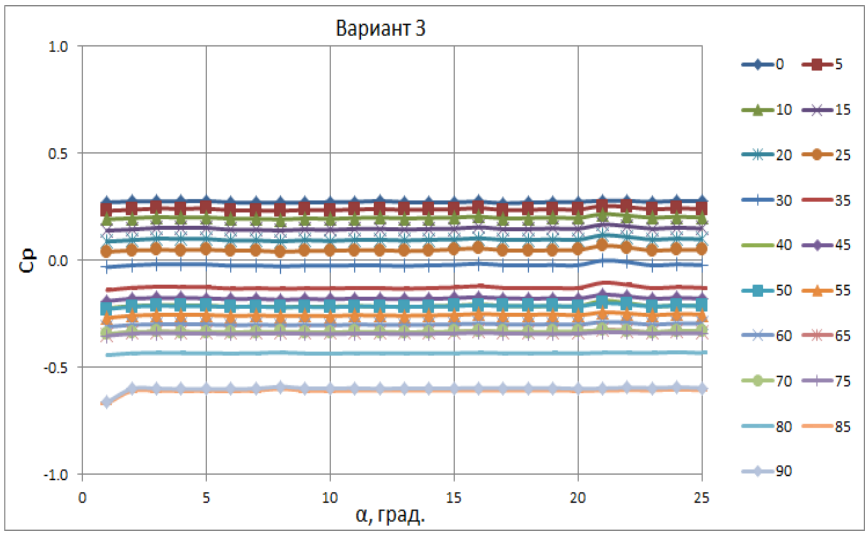
в)


Вариант Е
Ср
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

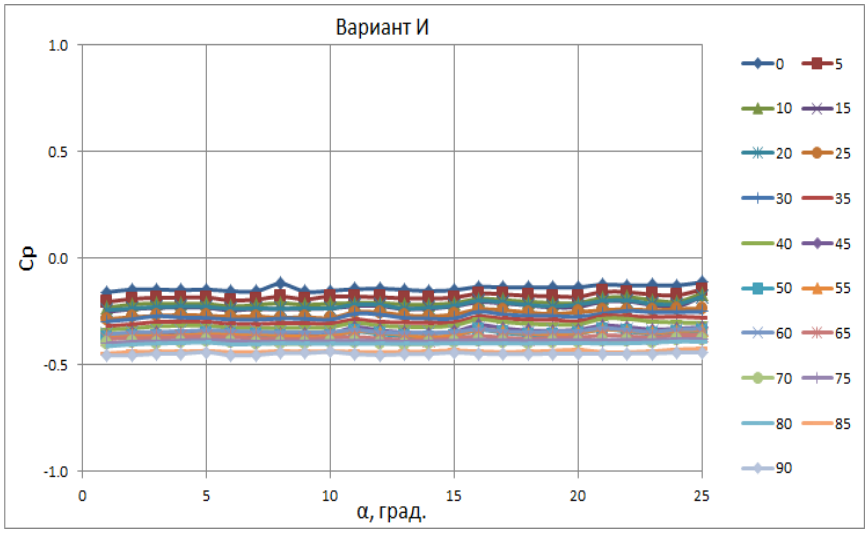
г)


Вариант Ж
Ср
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

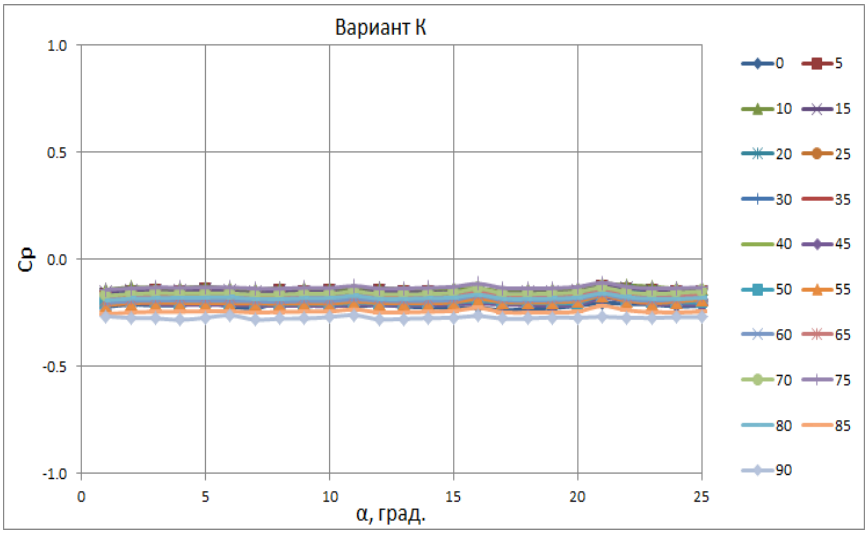
д)


Вариант З
Ср
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

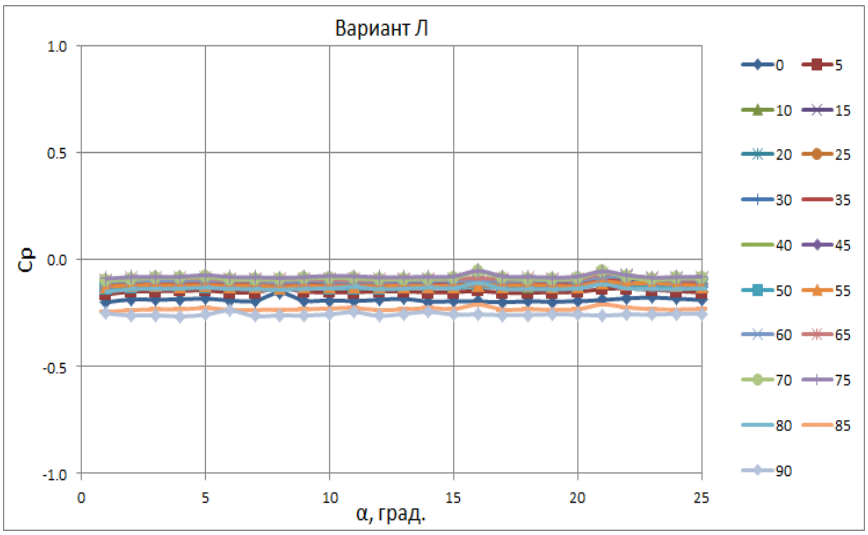
е)


Вариант И
Cp
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90

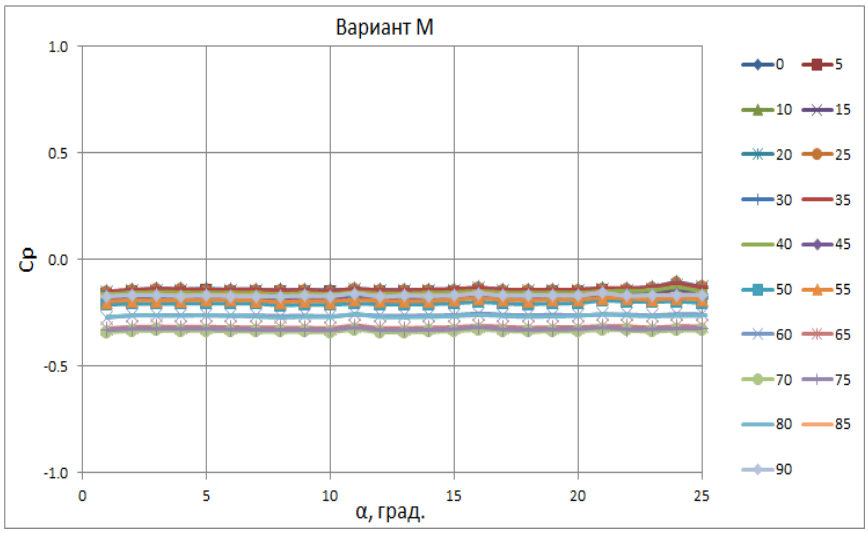
ж)


Вариант К
Cp
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90

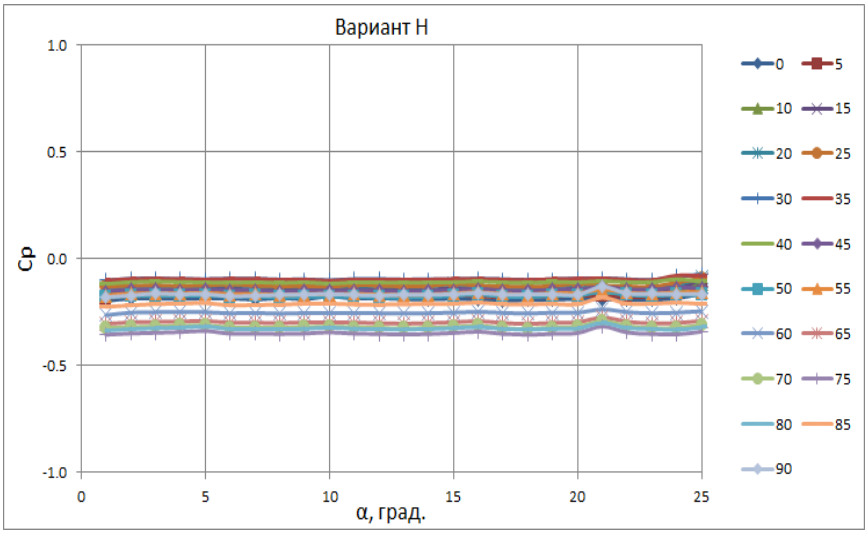
з)


Вариант Л
Cp
α, град.
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90

и)



к)



л)

Рисунок 8. *Экспериментальные зависимости коэффициента внутреннего давления Ср = f(j) в контрольных точках j = 1–25, при различных значениях угла атаки α: а–л — варианты схем, «Варианты В–Н» (разработано авторами)*

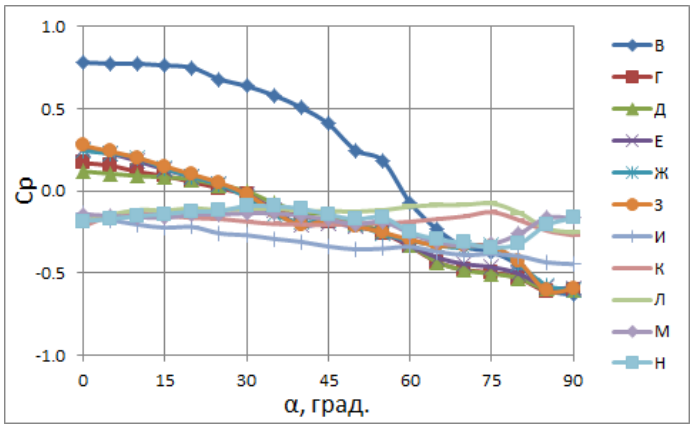
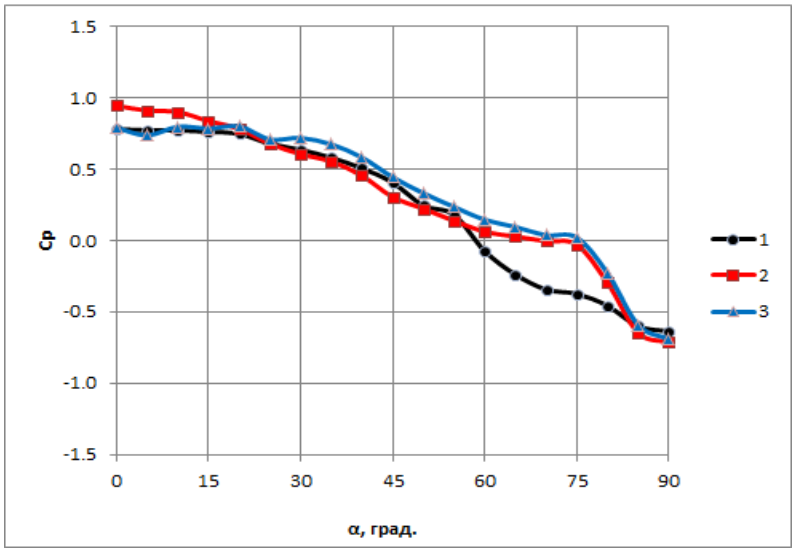


Рисунок 9. *Экспериментальные зависимости коэффициента давления Ср = f(α) на нижней стенке внутри модели в зависимости от угла атаки для вариантов «в–н» (осреднение по 25-ти дренажным точкам j) (разработано авторами)*

На рисунке 9 даны осредненные по ансамблю 25 контрольных точек j значения коэффициента внутреннего давления Cp для различных вариантов «а–н» расположения открытых проемов (рис. 3).

Варианты распределения проницаемости «в-н» по характеру поведения давления во внутреннем объеме можно разделить на три группы.

В первой группе рассматривается вариант «в», в котором внутреннее давление в объёме близко к внешнему давлению на стенке с отверстиями. В этом варианте отверстия есть только на одной стороне, поэтому не происходит значительного перемещения воздуха внутри, и внутреннее давление практически равно внешнему (рис. 10).



1 — осредненное внутреннее давление для варианта проницаемости «в»; 2, 3 — внешнее давление на фасаде базового непроницаемого модуля в контрольных точках j = 2 верхнего яруса (кривая 2) и нижнего яруса (кривая 3)

Рисунок 10. *Экспериментальные зависимости коэффициента давления Cp = f(α) (разработано авторами)*

К следующей группе можно отнести варианты «г–з», где есть разные способы размещения открытых отверстий на противоположных стенках моделей. Это позволяет воздуху перемещаться внутри модели от отверстий с высоким давлением к отверстиям с низким давлением.

В результате такого перемещения воздуха давление внутри модели снижается по сравнению с вариантами из первой группы. Однако минимальное давление во второй группе всё же выше, чем в первой.

В третью группу входят все остальные варианты «и–н». В этих вариантах отверстия расположены на трёх или четырёх стенках модели, создавая отрицательное внешнее давление. Это поддерживает отрицательное внутреннее давление, которое слабо зависит от угла атаки модели.

Кроме того, были проведены дополнительные исследования, чтобы выяснить, как толщина вентилируемого слоя влияет на внутреннее давление. На рисунке 11 показаны зависимости коэффициента внутреннего давления от угла атаки потока, который направлен на фасад с открытыми отверстиями по схеме на рисунке 4. Эти зависимости построены при разных расстояниях h между внутренней непроницаемой перегородкой и стенкой модели. Эта перегородка регулирует относительную толщину воздушной прослойки.

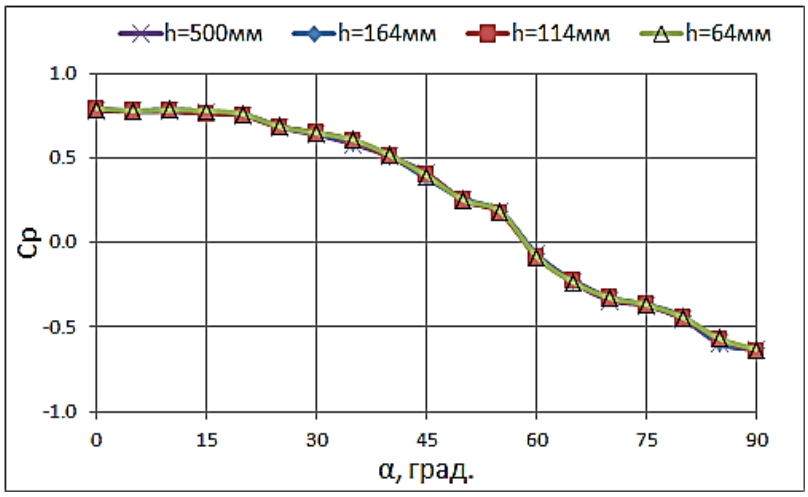


Рисунок 11. *Экспериментальные зависимости Cp = f(α) осредненного коэффициента давления в вентилируемых слоях различной толщины h (разработано авторами)*

Наблюдается практически полное отсутствие влияния толщины h на коэффициент внутреннего давления.

Заключение

Проведены исследования аэродинамических характеристик прямоугольных объектов с различными конфигурациями сквозных отверстий на вертикальных поверхностях под разными углами атаки. В результате были получены не только количественные данные, но и выявлены важные закономерности формирования внутреннего давления под воздействием внешнего воздушного потока.

Можно с достаточной точностью утверждать, что внутри объекта создаётся постоянное по объёму давление, которое, однако, существенно зависит от расположения отверстий и распределения внешнего давления на поверхности объекта. Угол атаки влияет на распределение внешнего давления.

Толщина воздушной прослойки не оказывает значительного влияния на коэффициент внутреннего давления и его пульсации.

Во всех случаях внутреннее давление принимает промежуточное значение между максимальным и минимальным внешним давлением на сплошном объекте в местах расположения отверстий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Walker, I.S. A comparison of the power law to quadratic formulations for air infiltration calculations / Walker, I.S., Wilson, D.J., and Sherman, M.H. // Energy and Buildings. — 1998. — 27(3). — P. 293–299. — URL: https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00047-9.
2. De Gids, W. Ventilation rates and energy consumption due to open windows: a brief overview of research in the Netherlands / De Gids, W., Phaff, H. // Air infiltration review. — 1982. — 4(1). — P. 4–5.

3. Larsen, T.S. Single-sided natural ventilation driven by wind pressure and temperature difference / Larsen, T.S., Heiselberg, P. // Energy and Buildings. — 2008. — 40(6). — P. 1031–1040. — URL: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.012.

4. Warren, P. Ventilation through openings on one wall only // In International Conference Heat and Mass transfer in Buildings / Dubrovnik, Yugoslavia: Crown Copyright Building Research Establishment, 1977. — URL: https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Airbase/airbase_00026.pdf.

5. В.Г. Гагарин. Ветровые нагрузки на облицовку навесных фасадных систем с вентилируемой прослойкой / В.Г. Гагарин, С.В. Гувернюк, П.В. Леденев // ACADEMIA. — 2010. — № 3. — С. 124–130. — URL: https://istina.msu.ru/publications/article/213651/.

6. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Леденев П.В. Расчет ветрового воздействия на облицовку навесных фасадных систем согласно нормам России, Британии, Голландии, США и Еврокода // ACADEMIA. — 2010. — № 3. — С. 157–160. — URL: https://istina.ipmnet.ru/publications/article/213656/.

7. Sherman, M.H. Comparison of measured and predicted infiltration using the LBL infiltration model / Sherman, M.H., M.P. Modera. // In Measured air leakage of buildings / California Berkeley: ASTM, 1986. — P. 325. — URL: https://www.researchgate.net/profile/Max-Sherman-2/publication/236366320_Comparison_of_measured_and_predicted_infiltration_using_the_LBL_infiltration_model/links/568ffc6a08aee91f69a1407d/Comparison-of-measured-and-predicted-infiltration-using-the-LBL-infiltration-model.pdf.

8. П.Р. Андронов. О струйном обтекании проницаемой пластины в плоскопараллельном канале / П.Р. Андронов, С.В. Гувернюк. // ПММ. — 2015. — Т. 79, № 3. — С. 391–404. — URL: https://pmm.ipmnet.ru/ru/Issues/2015/79-3/391.

9. Jeong Hee Oh. An experimental study of pressure distributions within an air-permeable, double-layer roof system in regions of separated flow / Jeong Hee Oh, Gregory A. Kopp // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. — 2015. — Vol. 138, Pp. 1–12. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jweia.2014.12.006.

10. Chris Geurts. Pressure distributions over permeable skins; a sensitivity study / Chris Geurts, Carine van Bentum, Okke Bronkhorst, Corina Hulsbosch. // 14th International Conference on Wind Engineering / Porto Alegre, Brazil,2015. — Pp. 1–13. — URL: https://resolver.tno.nl/uuid:ba8e6999-6693-419a-87aa-e23b6c6865d3.

Gagarin Vladimir Gennadevich
Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
E-mail: gagarinvg@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=292976

Pastushkov Pavel Pavlovich
Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
E-mail: pavel-one@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=690327

Pavlenko Natalya Viktorovna
Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
E-mail: nv-pavlenko@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=556985

Kubenin Aleksandr Sergeevich
Research Institute of Building Physics Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
E-mail: kube-n@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=935093

Alekseev Dmitry Pavlovich
SovTIGaz, Moscow, Russia
E-mail: alekseev210@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=687192

Experimental study of the influence of wind loads on the distribution of internal pressure inside a structure with permeable facades

Abstract. The objective of the work is to experimentally study external wind effects on air-permeable enclosures and their influence on the formation of pressure fields inside their closed volumes. Wind loads can have a significant impact on the strength and service life of structures.

The aim of the study was to obtain, as a result of a series of experiments, the dependence of the distribution of external and internal aerodynamic pressure coefficients Cp on the enclosing surfaces of the model with a change in the angle of attack and the layout of open through openings. During the experiments, the influence of external wind loads on the forming internal pressure field was taken into account. The experiments were conducted in a wind tunnel. The flow velocity varied in the range from 20 to 26 m/s at different angles of attack. A total of 19 angles were studied. The influence of the relative width of the ventilated gap and the relative area of the through openings at different layouts was also studied. The pressure field was measured using pressure sensors located on the external facades of the model and inside it. As a result of the experiments, the values of the dimensionless coefficient of internal pressure from the determining regime and geometric factors were obtained. In addition, the influence of the ventilated gap thickness on the internal pressure field was studied. It was shown that a constant volumetric pressure is created inside the object, which, however, significantly depends on the location of the holes and the distribution of external pressure on the surface of the object. The angle of attack affects the distribution of external pressure. The thickness of the air gap does not have a significant effect on the internal pressure coefficient.

Keywords: wind loads; ventilated curtain walls; pressure coefficient; wind tunnel; experiment; internal pressure; external pressure; ventilated gap