



(21)-0419-1

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗДАНИЙ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПРИ ЕЁ УПЛОТНЕНИИ

А. П. Бутова¹, Э. А. Лозинский², В. А. Лозинская³*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.**E-mail: ¹ a.p.butova@donnasa.ru, ² e.a.lozinskiy@donnasa.ru, ³ v.a.lozinskaya@donnasa.ru**Получена 15 февраля 2021; принята 26 марта 2021.*

Аннотация. В статье рассматривается на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований важная научно-техническая задача по усовершенствованию инженерной методики расчета потерь тепла в зданиях массового строительства с учетом действия на них ветра при уплотнении застройки зданиями различной этажности в части определения кратности воздухообмена. Приведены результаты экспериментальных исследований в гидро- и аэродинамических трубах для получения экспериментальным путем достоверной картины обтекания ветровым потоком группы зданий. В результате проведенных исследований выявлены закономерности между распределением ветрового давления на поверхностях гражданских зданий массового строительства (на оболочке и на выходах вентиляционных шахт) от геометрических параметров проектируемого здания. Полученные экспериментальные данные позволили выявить закономерности физических процессов, возникающих при обтекании здания и оценить ветровые нагрузки и эффекты воздействия на окружающую застройку.

Ключевые слова: энергосбережение, коэффициент давления, периметральная застройка, критерии подобия, аэродинамическая труба, гидродинамическая труба, пограничный слой, визуализация потоков, число Рейнольдса.

РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ БУДИНКІВ, ЩО ПІДВИЩУЮТЬ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ІСНУЮЧОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ПРИ ЇЇ УЩІЛЬНЕННІ

А. П. Бутова¹, Е. О. Лозинський², В. О. Лозинська³*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.**E-mail: ¹ a.p.butova@donnasa.ru, ² e.a.lozinskiy@donnasa.ru, ³ v.a.lozinskaya@donnasa.ru**Отримана 15 лютого 2021; прийнята 26 березня 2021.*

Анотація. У статті розглядається на підставі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень важлива науково-технічна задача щодо вдосконалення інженерної методики розрахунку втрат тепла в будівлях масового будівництва з урахуванням дії на них вітру при ущільненні забудови будівлями різної поверховості в частині визначення кратності повітрообміну. Наведено результати експериментальних досліджень в гідро- і аеродинамічних трубах для отримання експериментальним шляхом достовірної картини обтікання вітровим потоком групи будівель. У результаті проведених досліджень виявлені закономірності між розподілом вітрового тиску на поверхнях цивільних будівель масового будівництва (на оболонці і на виходах вентиляційних шахт) від геометричних параметрів проектованої будівлі. Отримані експериментальні дані дозволили виявити закономірності фізичних процесів, які виникають при обтіканні будівлі і оцінити вітрові навантаження і ефекти впливу на навколишню забудову.

Ключові слова: енергозбереження, коефіцієнт тиску, периметральна забудова, критерії подібності, аеродинамічна труба, гідродинамічна труба, прикордонний шар, візуалізація потоків, число Рейнольдса.

RATIONAL PARAMETERS OF BUILDINGS THAT INCREASE THE ENERGY SAVING OF EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS WHEN IT IS COMPACTED

Alla Butova¹, Eduard Lozinskiy², Valeriya Lozinskaya³

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

E-mail: ¹ a.p.butova@donnasa.ru, ² e.a.lozinskiy@donnasa.ru, ³ v.a.lozinskaya@donnasa.ru

Received 15 February 2021; accepted 26 March 2021.

Abstract. The article considers, based on the theoretical and experimental studies, an important scientific and technical task to improve the engineering methodology for calculating heat losses in mass-construction buildings, taking into account the effect of wind on them when compacting buildings of various storeys in terms of determining the multiplicity of air exchange. The results of experimental studies in hydro - and wind tunnels are presented in order to obtain an experimentally reliable picture of the wind flow around a group of buildings. As a result of the conducted studies, the regularities between the distribution of wind pressure on the surfaces of civil buildings of mass construction (on the shell and at the exits of ventilation shafts) were revealed from the geometric parameters of the projected building. The obtained experimental data allowed us to identify the patterns of physical processes that occur when the building flows around and to assess the wind loads and the effects of the impact on the surrounding buildings.

Keywords: energy saving, pressure coefficient, perimeter building, similarity criteria, wind tunnel, hydrodynamic tube, boundary layer, flow visualization, Reynolds number.

Введение

В настоящее время во многих странах Европы одним из приоритетных направлений развития экономики является энергосбережение. Согласно Закону «Об энергосбережении» для проведения эффективной целенаправленной деятельности государства по организации и координации действий в сфере энергосбережения разрабатываются и принимаются государственные целевые, региональные, местные и другие программы. Выполняются научно-исследовательские разработки, направленные на снижение потребления энергии, создаются современные методы расчета вентиляционных теплопотерь и обеспечение минимизации теплопотерь зданий и формирования рационального теплового и воздушного режима. В свете современных мероприятий по реновации жилья и уплотнению существующей застройки особое внимание следует уделить величине вет-

ровой нагрузки, которая в свою очередь влияет на потери тепла гражданских зданий. Современное развитие строительной отрасли ставит задачу более тщательного изучения аэродинамических характеристик зданий небольшой этажности, расположенных в окружающей застройке. При проектировании на территории жилого микрорайона новых зданий различной этажности возникают вопросы, касающиеся эксплуатационных характеристик существующих зданий в застройке, в частности влияние расположения проектируемых зданий на теплозащитные свойства существующих [3].

Перед нами ставится задача усовершенствовать существующую методику определения расхода теплопотерь через ограждающие конструкции с учетом потерь, вызываемых инфильтрацией и эксфильтрацией воздуха [5]. Экспериментальные и численные исследования являются, как

правило, достаточно сложными, дорогостоящими и трудоемкими, что не всегда позволяет отобразить полную картину аэродинамических процессов. Оперативное выполнение таких расчетов для зданий в условиях окружающей застройки, ставит в ряд первоочередных – решение научно-технической проблемы определения ветровых воздействий на здания с целью совершенствования средств их проектирования. В таких случаях целесообразно использовать сравнительно простые приближенные методы и программы расчета, обеспечивающие достаточную для инженерной практики точность при минимальных затратах времени.

В результате решения этой задачи должны быть выбраны оптимальные, в теплотехническом отношении, решения для комплексного подхода к теплозащите и соблюдение теплового комфорта помещений, которые бы гарантировали минимальные годовые затраты.

Описание объекта исследований

Объектом исследования является гражданское здание массового строительства, расположенное в периметральной застройке при её уплотнении.

Цель работы

Усовершенствование инженерной методики расчета потерь тепла в зданиях массового строительства с учетом действия на них ветра при уплотнении застройки зданиями различной этажности.

Основной материал

С целью определения закономерностей пространственного обтекания жилых зданий различной высоты, располагаемых в тандемной конфигурации при различных расстояниях между ними (рис.1), первоочередной задачей стояло проведение экспериментальных исследований в гидродинамической установке ГДТ-2М Киевского государственного авиационного института. ГДТ-2М, которая предназначена для исследования аэродинамических спектров обтекания моделей. Размеры рабочей части ГДТ-2М составляют $0,3 \times 0,3 \times 0,8$ м³. Скорость потока в рабочей части $0,05 \div 0,15$ м/с, что соответствует диапазону чисел Рейнольдса $Re \approx 10^3 \div 10^4$. Для визуализации

потока использовался метод красок и метод водородных пузырьков. Краска в поток поставлялась при помощи гребенки. Схемы компоновки модели приведены на рисунке 1. Для переноса результатов исследований в гидродинамической трубе на натурный объект ($Re = 10^6 \div 10^7$) необходимо учитывать масштабные эффекты путем использования поправочных коэффициентов, что особенно важно при наличии вязкого отрыва на поверхности здания или сооружения [10].

Главным условием проведения масштабных экспериментальных исследований в гидро- и аэродинамических трубах являются критерии подобия для получения экспериментальным путем достоверной картины обтекания группы зданий, которые после математической обработки или в исходном виде могут быть применены для

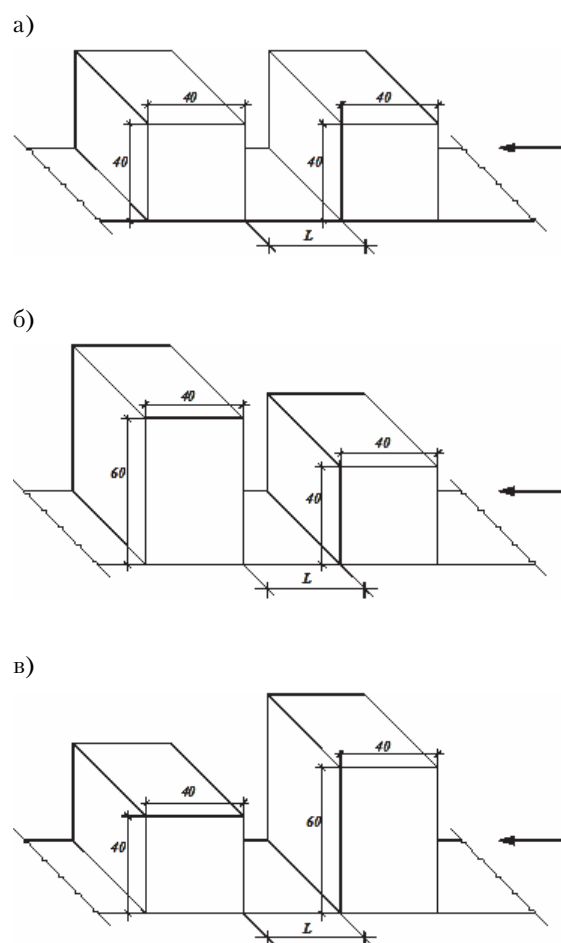


Рисунок 1. Схемы для проведения эксперимента в ГДТ-2М: а) схема № 1 компоновки модели; б) схема № 2 компоновки модели; в) схема № 3 компоновки модели.

нахождения аналогичных характеристик натуральных объектов [2].

В результате эксперимента в гидродинамической трубе получены варианты визуализации потока в линейной застройке (рис. 2), что позволило определить картину обтекания потоком группы зданий различной конфигурации.

Так как строчные застройки встречаются редко, возникает необходимость исследований в периметральной застройке. Наиболее надежные данные об аэродинамических характеристиках здания массового строительства могут быть получены путем экспериментальных исследований в аэродинамических трубах или натурными экспериментами [9]. Результаты экспериментов в гидродинамической трубе являются основополагающими для дальнейших аэродинамических исследований с целью изучения распределения ветрового давления на поверхности гражданского здания массового строительства, что позволит определить зависимость между потерями тепла и конфигурацией застройки при уплотнении ее зданиями различной этажности.

Масштабные экспериментальные аэродинамические исследования проводились в двух аэродинамических трубах: метеорологической аэродинамической трубе дозвуковых скоростей МАТ-1 «ДОННАСА» и аэродинамической трубе Центра наследия Тельч (Centre Excellence Telč, Czech Republic) Института прикладной и теоретической механики (ЦНТ) [1].

Аэродинамическая труба рециркуляционного типа с имитацией пограничного слоя атмосферы ЦНТ спроектирована как замкнутая цепь с контролируемой скоростью ветра и температурными условиями. Она состоит из климатических и аэродинамических частей. В аэродинамической секции проводятся эксперименты в области воздействия ветра на конструкции, характеристик ветра, влияния потока на теплопотери зданий и вентиляции и т. д. Рабочее пространство аэродинамической секции имеет прямоугольное сечение 1,9 (ширина) × 1,8 м (высота). Общая длина проточного тракта аэродинамической части составляет 11,0 м, включая часть для развития турбулентного пограничного слоя.

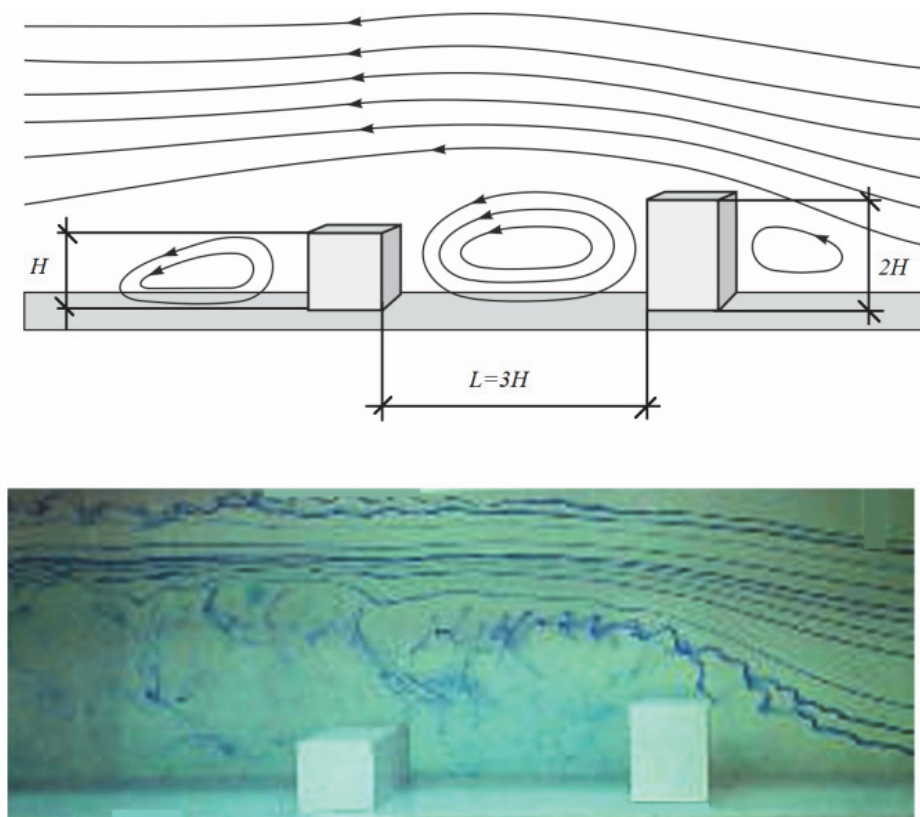


Рисунок 2. Визуализация потока в гидродинамической трубе методом «гребенка».

Моделирование пограничного слоя атмосферы с необходимыми характеристиками основано на использовании таких элементов, как решетки, генераторы Кунихана, барьеры и половицы различной шероховатости (рис. 3). Диапазон скорости ветра в пустой рабочей части 1,5...33 м/с [11].

Для выявления зависимости параметров периметральной застройки от параметров ветровой нагрузки на здание небольшой этажности с учетом планировки застройки была разработана программа масштабных исследований в лаборатории строительной аэродинамики в аэродинамической трубе ЦНТ [8]. Для проведения эксперимента были созданы исследуемая модель и модели-преграды. Исследуемая модель представляет собой параллелограмм, выполненный из органического стекла, с размерами 360×60×75 мм, что эквивалентно размерам пятиэтажного жилого здания (рис. 5а), на ее сторонах были расположены отверстия на расстоянии 30×30 мм друг от друга (рис. 5б). Модели-преграды были выполнены из пенопласта и окрашены в черный цвет. Размеры моделей-преград в плане такие же, как исследуемой модели, а высота 1Н, 2Н, 3Н, где Н – высота исследуемой модели (рис. 4).

Программой эксперимента предусмотрено исследование нескольких различных видов конфигураций застройки, наиболее часто встречающихся при проектировании и уплотнении существующих микрорайонов (рис. 5). Систематизировав отношения расстояний между исследуемой моделью и моделями-преградами, была выполнена классификация схем конфигурации застройки для проведения экспериментального исследования.

Эксперименты проводились при соблюдении следующих параметров микроклимата в аэродинамической части трубы:

- температура воздуха $t = 25,0...29,5$ °С;
- влажность воздуха $\varphi = 36...31\%$;
- плотность воздуха $\rho = 1,108...1,114$ кг/м³;
- скорость воздуха $v = 15,5$ м/сек;
- угол атаки $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$.

В процессе обработки экспериментальных данных были построены диаграммы распределения коэффициентов давления по дренажным отверстиям по вертикали с учетом угла атаки и визуализация потоков (рис. 6).

По результатам эксперимента в аэродинамической трубе ЦНТ для дальнейшего исследования были выбраны самые критичные компоновки застроек по значениям распределения коэффициентов давления на поверхности исследуемой модели и дальнейшее исследование проводилось в аэродинамической трубе МАТ-1 «ДОННАСА» [2].

Для проведения эксперимента были созданы исследуемая модель и модели-преграды. Исследуемая модель представляет собой параллелограмм, выполненный из органического стекла, с размерами 200×50×50 мм, что эквивалентно размерам пятиэтажного жилого здания (рис. 7а), на дренажные отверстия моделировались на выходах вентиляционных каналов (рис. 7б). Модели-преграды были выполнены из дерева. Размеры моделей-преград в плане такие же, как исследуемой модели, а высота 1Н, 2Н, 3Н, где Н – высота исследуемой модели (рис. 7в).

Программа аэродинамических исследований масштабных моделей застроек в аэродинамической трубе МАТ-1 предусматривала определение

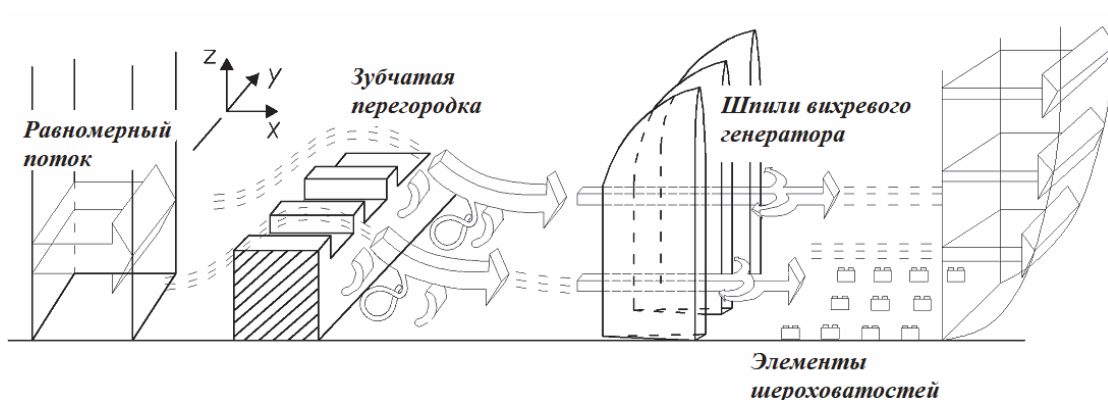


Рисунок 3. Схема и инструменты моделирования атмосферного пограничного слоя.

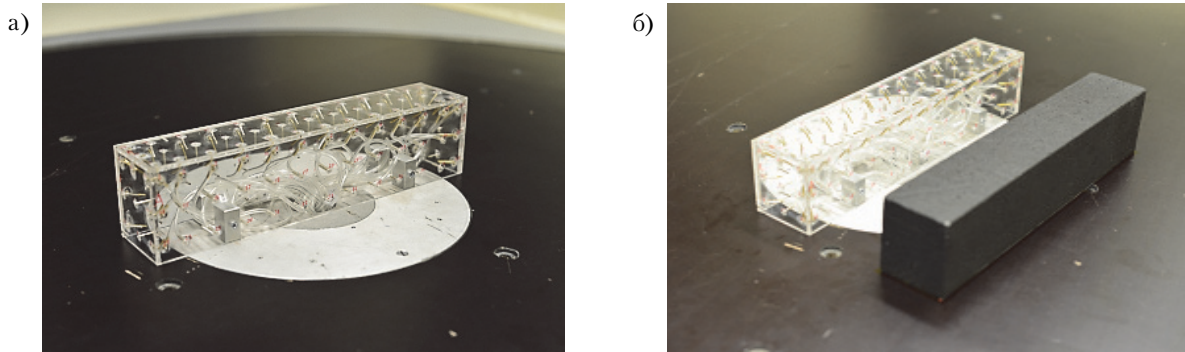


Рисунок 4. Форма, размеры исследуемой модели и ее взаимодействие с моделями-преградами: а) исследуемая модель, установленная на рабочем столе; б) исследуемая модель и модель-преграда, установленные на рабочем столе.

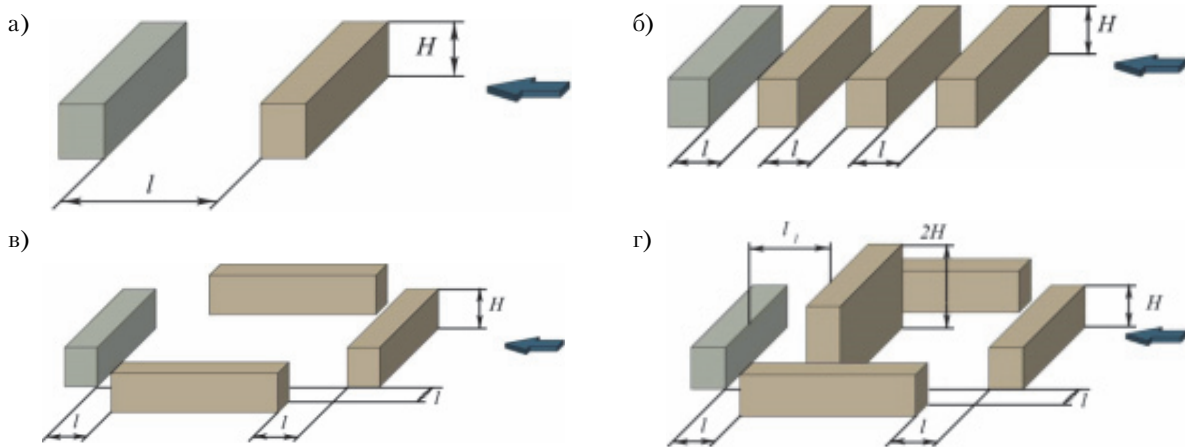


Рисунок 5. Конфигурация вариантов застройки в 3-D изображении: а) линейная с одной преградой; б) линейная с несколькими преградами; в) квадратная форма застройки; г) квадратная с уплотнением зданий внутри застройки.

коэффициентов давления ветрового потока c_p на выходах вентиляционных каналов (рис. 8).

Полученные экспериментальные данные позволили выявить закономерности физических процессов, возникающих при обтекании здания и оценить ветровые нагрузки и эффекты воздействия впереди стоящих зданий [6, 7].

Численное исследование проведено путем решения полной системы уравнений Навье-Стокса.

Система расчетных уравнений имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

где $\text{Re} = \frac{U \cdot b}{\nu}$ – число Рейнольдса.

При расчете полей величин, определяемых на 1-м этапе, проводится прямое продвижение по времени с контролем условия устойчивости в виде ограничения на максимальный шаг по времени:

$$0,25(|u| + |w|)^2 \Delta t \text{Re} \leq 1 \text{ и } \Delta t / (\text{Re} \Delta x^2) \leq 0,25. \quad (3)$$

При исследовании устойчивости схемы численного расчета для первого этапа был использован метод дифференциальных приближений, основанный на определении условий положительности коэффициентов диффузии соответствующих дифференциальных приближений. Обозначим, что при отрицательных коэффициентах диффузии в диссипативных членах дифференциального приближения допускается экспоненциальный рост решения по времени, что

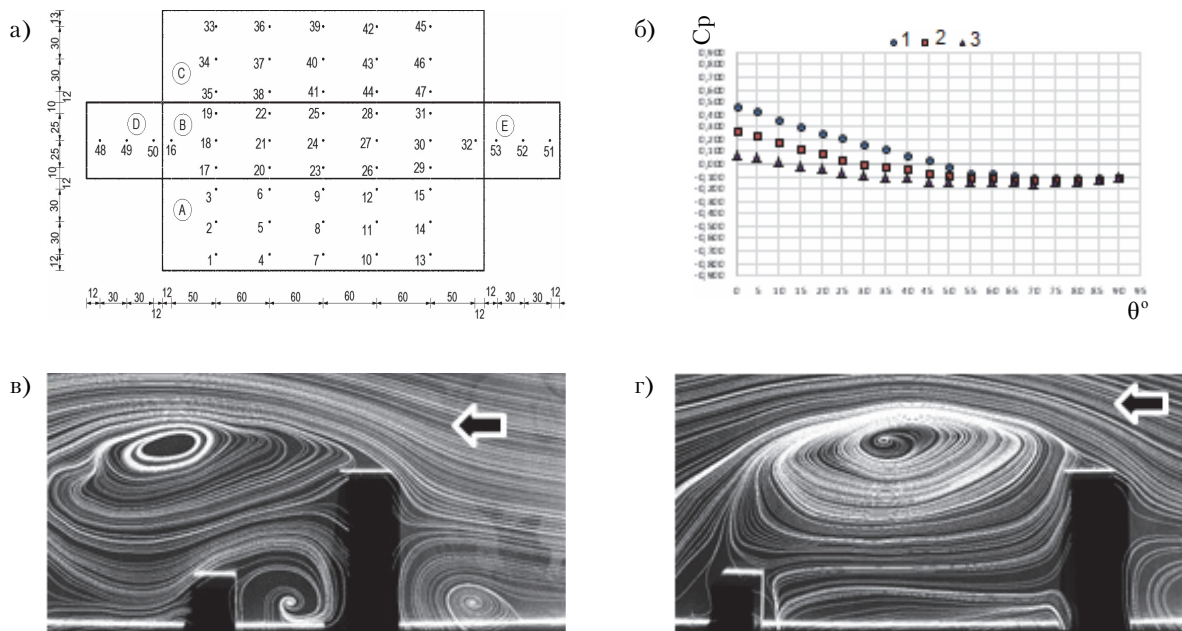


Рисунок 6. Пример результатов экспериментальных исследований: а) схема дренирования исследуемой модели; б) диаграмма распределения коэффициентов давления; в) высота модели-преграды 3Н, расстояние между моделями 1Н; г) высота модели-преграды 3Н, расстояние между моделями 5Н.

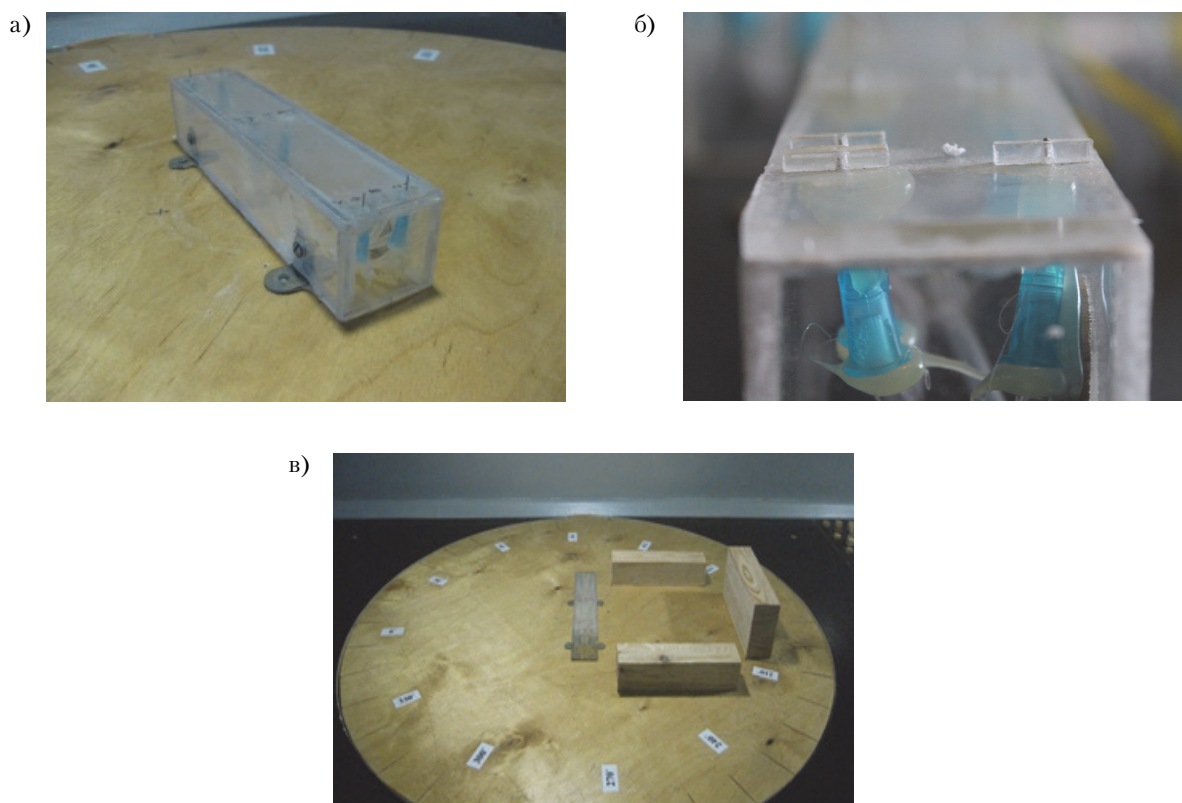


Рисунок 7. Масштабная исследуемая модель: а) исследуемая модель, установленная на рабочем столе; б) дренажные отверстия на выходах вентиляционных шахт; в) исследуемая модель и модели-преграды, установленные на рабочем столе.

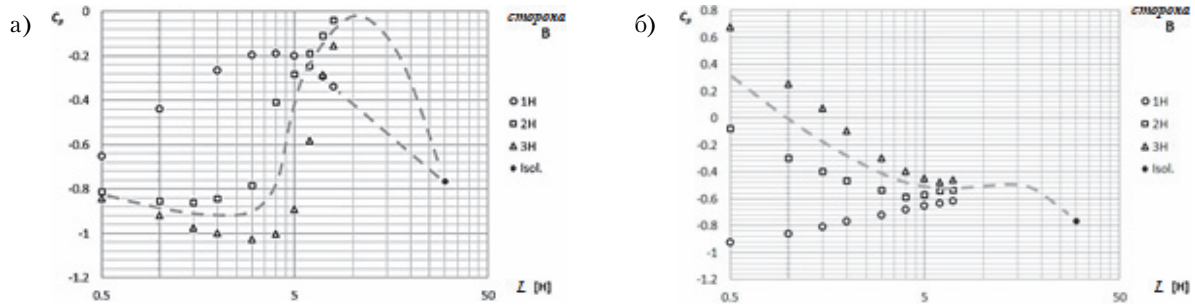


Рисунок 8. Коэффициенты среднего давления на выходах вентиляционных каналов модели для различных значений расстояния L и высоты преграды H : а) наветренная сторона преграды; б) заветренная сторона преграды.

говорит о неустойчивости. Для уравнений второго и третьего этапов был использован метод фон Неймана, в котором решение уравнений представляется рядом Фурье с конечным числом членов и устойчивость определяется тем, что каждое отдельное колебания затухает.

Проведены расчеты по определению гидродинамических полей с различными конфигурациями экспериментальных объектов, в том числе два последовательно расположенных здания на разном расстоянии друг от друга.

Максимальный эффект влияния периметральной застройки может ожидать для расположения в открытой местности, неизменно сокращаясь для пригорода и достигая минимума для центра города с невысокой застройкой.

Разность давлений, созданная ветром между ограждающей конструкцией и внутренним пространством здания, приводит к неконтролируемой вентиляции из-за проникновения воздуха через трещины, пустоты и вентиляционные каналы. Связанные с этим потери тепла могут составлять большую часть от общего потребления энергии, особенно в домах с естественной вентиляцией. Здание (модель-преграда), расположенное перед исследуемым зданием, может производить обратный эффект на это здание. Давление на наветренную сторону здания снижается из-за снижения скорости в пограничном слое, соответственно градиент давления вызывает направленное вниз давление воздуха, которое может привести к значительным скоростям (и давлениям) на уровне кровли (увеличение отрицательного давления в выпусках вентиляционных каналов). Высокие преграды производят повышенный эффект разряжения на невысокое здание из-за увеличения размера теплового следа,

и отсюда, более высоких пульсационных ветровых нагрузок (рис.9).

На основании полученных результатов исследований была усовершенствована методика расчета потерь тепла гражданского здания массового строительства, расположенного в застройках различной конфигурации.

За основу принято определение расчетного значения тепловой энергии в год, которое определяется согласно ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 ($Q_{год}$) [12].

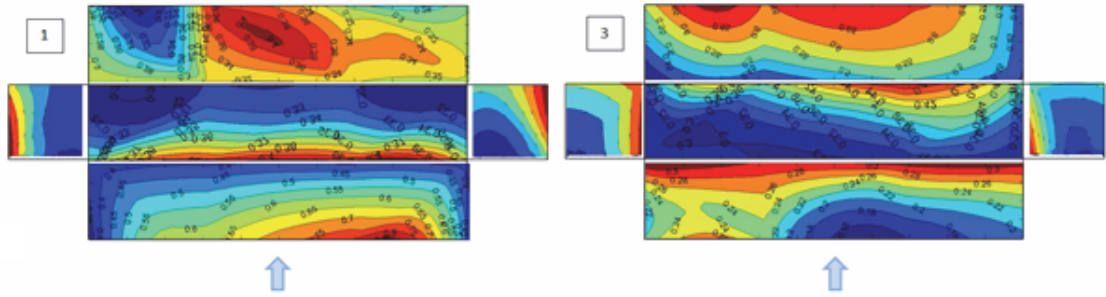
Поскольку на бытовые поступления тепловой энергии и поступления за счет солнечной радиации ветровое давление никак не влияет, в дальнейших расчетах рассмотрим общие теплопотери через ограждающую оболочку, учитывающую количество градусо-суток отопительного периода, общую площадь внутренней поверхности ограждающих конструкций и общий коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания [1].

Общий коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания составляет сумму приведенного коэффициента теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания и условного коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций здания, который учитывает потери тепла за счет инфильтрации и вентиляции.

При определении коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций важную роль играет средняя кратность воздухообмена, которая, согласно нормативному документу, определяется по формуле (4) или экспериментально.

$$n_{об} = \frac{3 \cdot F_{нж}}{V_v \cdot V_h}, \quad (4)$$

а) $\theta = 0^\circ, L = 1H$



б) $\theta = 90^\circ, L = 1H$

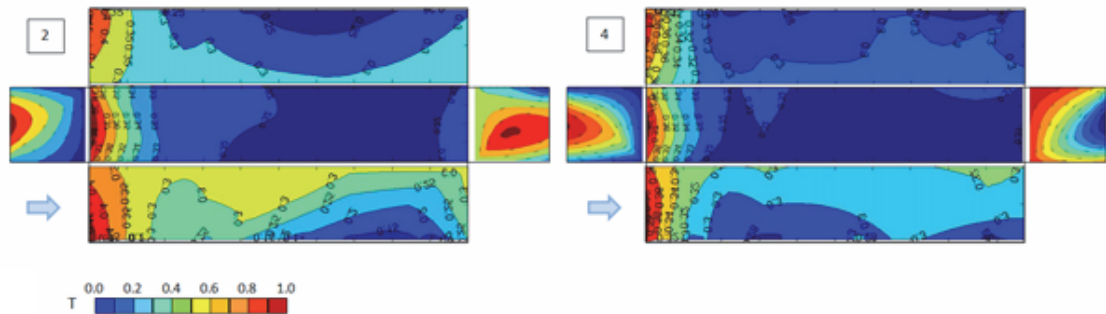


Рисунок 9. Пример тепловых безразмерных полей на жилых зданиях в периметральной застройке при: а) направлении ветра 0° и расстоянии между зданиями $1H$; б) направлении ветра 90° и расстоянии между зданиями $1H$.

где $F_{пл}$ – площадь квартир жилого здания, m^2 ;
 v_v – коэффициент объема, учитывающий внутренние ограждающие перегородки;
 V_h – отопительный объем здания, m^3 .

Усовершенствованная инженерная методика расчета потерь тепла в зданиях массового строительства с учетом действия на них ветра при уплотнении застройки зданиями различной этажности заключается в расчете кратности воздухообмена от геометрических параметров и расстояния до проектируемого здания с учетом давления в вентиляционных шахтах:

$$n_{об} = \frac{V_{исх}}{v_v \cdot V_h}, \quad (5)$$

где $V_{исх}$ – объем инфильтрующегося воздуха, m^3 ;
 v_v – коэффициент объема, учитывающий внутренние ограждающие перегородки;
 V_h – отопительный объем здания, m^3 .

$$V_{исх} = \frac{G}{\rho} \cdot 3600, \quad (6)$$

где G – мгновенный расход воздуха, кг;
 ρ – плотность воздуха, $kg/m^3 \cdot час$.

$$G = \Sigma A_{ви} \cdot P_{ви}, \quad (7)$$

где $\Sigma A_{ви}$ – сумма площадей поперечных сечений вентиляционных шахт, m^2 ;
 $P_{ви}$ – давление воздуха в вентиляционной шахте, Па;

$$P_{ви} = P \cdot c_{рви}, \quad (8)$$

где P – давление воздуха, Па;
 $c_{рви}$ – локальный аэродинамический коэффициент, определяемый по рисунку 8.

$$P = \rho \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (9)$$

где ρ – плотность воздуха, $kg/m^3 \cdot час$;
 v – скорость воздуха, м/сек.

Предложенная инженерная методика была апробирована на типовой серии 5-этажного 2-секционного крупнопанельного жилого дома с геометрическими размерами $12 \times 13,5 \times 35$ м. В результате расчета были получены зависимости теплопотерь от геометрических параметров проектируемого здания и расстояния до существующей жилой застройки на наветренной и заветренной зонах. Снижение теплопотерь, согласно предложенной инженерной методике, составило от 12 до 50 % в сравнении с расчетом по нормативному документу.

Выводы

1. Определено распределение давления на модели малоэтажного здания на основании результатов экспериментов в аэродинамической трубе. В результате проведенных исследований выявлены закономерности между распределением ветрового давления на поверхностях гражданских зданий массового строительства (на оболочке и на выходах венти-

ляционных шахт) от геометрических параметров проектируемого здания.

2. Усовершенствована инженерная методика расчета потерь тепла в зданиях массового строительства с учетом действия на них ветра при уплотнении застройки зданиями различной этажности в части расчета кратности воздухообмена в зависимости от геометрических параметров проектируемого здания и расстояния до существующей жилой застройки.

Литература

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. № 891/пр. : на замену СП 20.13330.2011 : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО Минстроя России, 2016. – 110 с. – Текст : непосредственный.
2. Горохов, Е. В. Экспериментальные методы определения ветровых нагрузок на здания и сооружения / Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов. – Донецк : Норд-Пресс, 2009. – 168 с. – Текст : непосредственный.
3. Кузнецов, С. Г. Вітряний тиск під час розрахунку вентиляційних тепловтрат будівлі та його вплив на формування території забудови / С. Г. Кузнецов, А. П. Бутова. – Текст : непосредственный // Вісник Донецького державного ун-ту економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2006. – № 1(29). – С. 31–35.
4. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан. – Москва : Стройиздат, 1984. – 358 с. – Текст : непосредственный.
5. Серебровский, Ф. Л. Аэрация населенных мест : монография / Ф. Л. Серебровский. – Москва : Стройиздат, 1985. – 169 с. – Текст : непосредственный.
6. Гутников, В. А. Математическое моделирование аэродинамики городской застройки / В. А. Гутников, В. Ю. Кирякин, И. К. Лифанов, А. В. Сетуша. – Москва : Изд-во «ПАСЬВА», 2002. – 243 с. – ISBN 5-94429-004-8. – Текст : непосредственный.
7. Управление обтеканием тел с вихревыми ячейками в приложении к летательным аппаратам интегральной компоновки (численное и физическое моделирование) / Под ред. А. В. Ермишина, С. А. Исаева. – Москва : Изд-во Московского ун-та, 2003. – 360 с. – Текст : непосредственный.

References

1. SP 20.13330.2016. Loads and actions. – Moscow : V. A. Kucherenko CSRIBS JSC Ministry of Construction of Russia, 2016. – 110 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Gorokhov, Ye. V.; Kuznetsov, S. G. Experimental methods for determining wind loads on buildings and structures. – Donetsk : Nord-Press, 2009. – 168 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Kuznetsov, S. G.; Butova, A. P. Wind pressure in calculating the ventilation heat loss of a building and its impact on the formation of the built-up area – Text : direct. – In: *Bulletin of the M. Tugan-Baranovsky Donetsk State University of Economics and Trade*. – 2006. – № 1(29). – P. 31–35. (in Ukrainian)
4. Simiu, E.; Skanlan, R. Wind impact on buildings and structures. – Moscow : Stroizdat, 1984. – 358 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Serebrovsky, F. L. Aeration of populated areas : monograph. – Moscow : Stroizdat, 1985. – 169 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Gutnikov, V. A.; Kiryakin, V. Yu.; Lifanov, I. K.; Setukha, A. V. Mathematical modeling of urban aerodynamics. – Moscow : Publishing house «PASVA», 2002. – 243 p. – ISBN 5-94429-004-8. – Text : direct. (in Ukrainian)
7. Control of the flow around bodies with vortex cells as applied to aircraft of integral layout (numerical and physical modeling). / Edited by A. V. Yermishina; S. A. Isayeva. – Moscow : Publishing house of Moscow University, 2003. – 360 p. – Text : direct. (in Russian)
8. Butova, A.; Kuznetsov, S. The effect of wind pressure changes on natural ventilation of a thermally massive building in urban square blocks. – Text : direct. – In: *Advanced Science J.* – 2013. – № 11. – P. 13–19. (in English)
9. Lishman, B.; Woods, A. W. The effect of gradual changes in wind speed or heat load on natural ventilation in a thermally massive building. – Text : direct. – In: *Building and Environment*. – 2009. – № 44. – P. 762–772. (in English)
10. Kuznetsov, S. G.; Butova, A. P. Experimental study of wind flow around linear buildings. – Text : direct. –

8. Butova, A. The effect of wind pressure changes on natural ventilation of a thermally massive building in urban square blocks / A. Butova, S. Kuznetsov. – Текст : непосредственный // *Advanced Science J.* – 2013. – № 11. – P. 13–19.
 9. Lishman, B. The effect of gradual changes in wind speed or heat load on natural ventilation in a thermally massive building / B. Lishman, A. W. Woods. – Текст : непосредственный // *Building and Environment.* – 2009. – № 44. – P. 762–772.
 10. Кузнецов, С. Г. Экспериментальные дослідження обтікання вітром лінійної забудови / С. Г. Кузнецов, А. П. Бутова. – Текст : непосредственный // *Комунальне господарство міст : наук.-техн. збірник. Серія: технічні науки та архітектура.* – Харків : видавництво ХНАМГ. – 2012. – Випуск 103. – С. 182–188.
 11. Уплотнение существующей жилой застройки высотным зданием с учетом ветрового подпора на вентиляционные системы низких зданий / Е. В. Горюхов, В. Н. Васылев, С. Г. Кузнецов, Э. А. Лозинский. – Текст : непосредственный // *Металлические конструкции.* – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 49–60.
 12. DSTU-N B A.2.2-5:2007. Указания по разработке и составлению энергетического паспорта домов при новом строительстве и реконструкции : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития и строительства Украины от 05 февраля 2008 г. № 55 : введен впервые : дата введения 2008-07-01 / разработан Научно-исследовательским институтом строительных конструкций. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2008. – 49 с. – Текст : непосредственный.
- In: *Utilities of cities: scientific and technical collection. Series: technical sciences and architecture.* – Kharkov : Publishing house of KNAUE. – 2012. – Volume 103. – P. 182–188. (in Ukrainian)
11. Gorokhov, Ye. V.; Vasylev, V. N.; Kuznetsov, S. G.; Lozinsky, E. A. Compaction of an existing residential development with a high-rise building, taking into account the wind support on the ventilation systems of low buildings. – Text : direct. – In: *Metal constructions.* – 2012. – Vol. 18, № 1. – P. 49–60. (in Russian)
 12. DSTU-N B A.2.2-5:2007. Instructions for the development and compilation of energy passport buildings under new construction and reconstruction. – Kiev : Ministry of Regional Development and Construction, 2008. – 49 p. – Text : direct. (in Russian)

Бутова Алла Павловна – старший преподаватель кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования пограничного слоя атмосферы, натуральных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

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

Лозинская Валерия Александровна – ассистент кафедры землеустройства и кадастров ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка и решение научных и проектных проблем градостроительства, улучшение функциональных, социальных, гигиенических и эстетических параметров среды обитания и жизнедеятельности людей населяющих города и сельские местности. Разработка генеральных планов и проектов детальной планировки жилых районов, микрорайонов, кварталов, комплексов и общественных центров.

Бутова Алла Павлівна – старший викладач кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, вдосконалення методик моделювання прикордонного шару атмосфери, натуральних і модельних випробувань будівель і споруд на вітрове навантаження.

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

Лозинська Валерія Олександрівна – асистент кафедри землеустрою та кадастрів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка та вирішення наукових і проектних проблем містобудування, поліпшення функціональних, соціальних, гігієнічних і естетичних параметрів середовища проживання і життєдіяльності людей, що населяють міста і сільські місцевості. Розробка генеральних планів та проектів детального планування житлових районів, мікрорайонів, кварталів, комплексів і громадських центрів.

Butova Alla – Senior lecturer, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods for assessing wind impact on buildings, structures and their complexes, improvement of methods for modeling the atmospheric boundary layer, full-scale and model tests of buildings and structures for wind load.

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

Lozinskaya Valeriya – Assistant, Land Management and Inventory Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development and the solution of scientific and engineering problems of urban development, improvement of functional, social, hygienic and aesthetic parameters of habitat and human activity inhabit cities and rural areas. Development of master plans and projects for the detailed planning of residential areas, neighborhoods, neighborhoods, facilities and community centers.