



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**

2012, ТОМ 18, НОМЕР 1, 49–60

УДК 533.6.07:624.042.41

(12)-0258-1

## **УЩІЛЬНЕННЯ ІСНУЮЧОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ ВИСОТНИМ БУДИНКОМ З УРАХУВАННЯМ ВІТРОВОГО ПІДПОРУ НА ВЕНТИЛЯЦІЙНІ СИСТЕМИ НИЗЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

**Є. В. Горохов, В. М. Василев, С. Г. Кузнецов, Е. О. Лозинський**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

*E-mail: rector@dgasa.dn.ua, wn\_dgasa@rambler.ru, sergij\_kuznetsov@rambler.ru, bicheps@bk.ru*

*Отримана 26 січня 2012; прийнята 24 лютого 2012.*

**Анотація.** У статті представлені теоретичні узагальнення і нові рішення актуального науково-технічного питання визначення вітрових впливів при обтіканні висотного будинку на вентиляційні системи навколишньої низької забудови з урахуванням утворення підвітряних хвиль у вітровому потоці. Проведено дослідження фізичних параметрів аеродинамічних характеристик вітрового потоку метеорологічної аеродинамічної труби за допомогою шестиствольної трубки ЦАГІ. Розроблено методику масштабного моделювання. Визначено залежність між значенням коефіцієнта вітрового тиску та впливом: числа Рейнольдса; ступеня турбулентності. Розроблена високопродуктивна інформаційно-обчислювальна система SCADA. Проведено масштабні експериментальні дослідження моделей будівель в аеродинамічній трубі з пограничним шаром Донбаської національної академії будівництва та архітектури з метою вивчення поля вітрових тисків і візуалізації потоку в зоні вітрового підпору. Розроблено інженерний метод визначення межі зони вітрового підпору.

**Ключові слова:** вітровий підпір, висотна будівля, аеродинамічна труба з пограничним шаром, коефіцієнт вітрового тиску, вітровий потік, житлова забудова.

## **УПЛОТНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ВИСОТНЫМ ЗДАНИЕМ С УЧЕТОМ ВЕТРОВОГО ПОДПОРА НА ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НИЗКИХ ЗДАНИЙ**

**Е. В. Горохов, В. Н. Васылев, С. Г. Кузнецов, Э. А. Лозинский**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

*E-mail: rector@dgasa.dn.ua, wn\_dgasa@rambler.ru, sergij\_kuznetsov@rambler.ru, bicheps@bk.ru*

*Получена 26 января 2012; принята 24 февраля 2012.*

**Аннотация.** В статье представлены теоретические обобщенные и новые решения актуального научно-технического вопроса определения ветровых воздействий при обтекании высотного здания на вентиляционные системы окружающей низкой застройки с учетом образования подветренных волн в ветровом потоке. Проведены исследования физических параметров аэродинамических характеристик ветрового потока метеорологической аэродинамической трубы с помощью шестиствольной трубки ЦАГИ. Разработана методика масштабного моделирования. Определена зависимость между значением коэффициента ветрового давления и влиянием: числа Рейнольдса; степени турбулентности. Разработана высокопродуктивная информационно-вычислительная система SCADA. Проведены масштабные экспериментальные исследования моделей зданий в аэродинамической трубе с пограничным слоем Донбасской национальной академии строительства и архитектуры с целью изучения

поля ветровых давлений и визуализации потока в зоне ветрового подпора. Разработан инженерный метод определения границы зоны ветрового подпора.

**Ключевые слова:** ветровой подпор, высотное здание, аэродинамическая труба с пограничным слоем, коэффициент ветрового давления, ветровой поток, жилая застройка.

## TIGHTENING UP THE EXISTING BUILT-UP AREA BY A TALL BUILDING WITH REGARD FOR WIND BRACE ON VENTILATION SYSTEMS OF LOW BUILDINGS

Yevgen Gorokhov, Volodymyr Vasylev, Sergey Kuznetsov, Eduard Lozinsky

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail: rector@dgasa.dn.ua, wn\_dgasa@rambler.ru, sergij\_kuznetsov@rambler.ru, bicheps@bk.ru*

*Received 26 January 2012; accepted 24 February 2012.*

**Abstract.** The article presents theoretical generalized and new decisions of an urgent scientific and technical problem concerning the wind effects when streamlining a tall building on ventilation system of surrounding low built-up area with regard of leeward waves development in wind flow. The author investigates physical dimensions of aerodynamic characteristics of the wind flow in boundary layer wind tunnel, using six-component tube of Central Aerodynamic Institute. There was developed the technique of scaled modelling. We defined the dependence between the wind pressure coefficient and the influence of Reynolds number and turbulence intensity on it. The calculation system SCADA with high productivity was developed. This allowed fulfill scaled experimental research of model buildings in boundary layer wind tunnel of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. The aim of the research was to investigate wind pressure field and visualize the flow in the area of wind brace. In the result there was developed the technique of defining the limits of wind brace area.

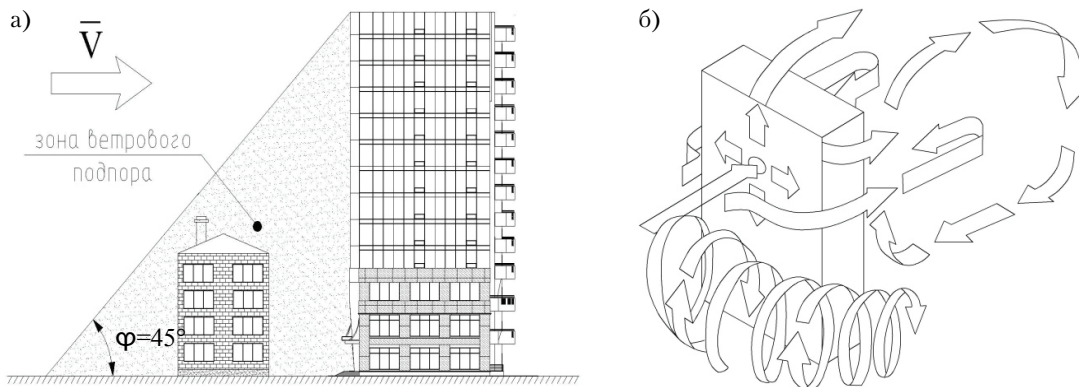
**Keywords:** wind brace, tall building, boundary layer wind tunnel, wind pressure coefficient, wind flow, residential built-up area.

### Введение

В настоящее время в городах Украины существуют различные программы по реконструкции существующих застроек. В небольших и крупных городах в связи с дефицитом городской земли низкие застройки уплотняют, встраивая в них высотные здания. Часто в таких жилых застройках подогрев воды осуществляется газовыми колонками с отводом продуктов сгорания через системы вентиляции при естественном побуждении движения воздуха в них. В случае появления в застройке высотного здания возникает вопрос, будут ли вентиляционные системы работать в том же рабочем режиме, что и до реконструкции.

Очень часто при строительстве высотных зданий по соседству с малоэтажными или при уплотнительной застройке в пограничном пространстве между домами возникает зона ветрового подпора [1, 2]. Зонай ветрового подпора называется [3] пространство, расположенное

ниже линии, проведенной под углом  $45^\circ$  от верха препятствия, которое задерживает движение воздушных масс (рис. 1а). Высота здания определяет процесс обтекания его ветром. Если низкое здание попадает в зону повышенного давления от более высокого, то существует возможность появления подпора в районе кровли, что приводит к обратной тяге в системах естественной вентиляции. В процессе обтекания высотного здания (рис. 1б) воздух перемещается над кровлей в заветренную зону, на наветренной стороне воздух у поверхности фасада перемещается с уменьшением скорости вниз и в стороны к боковым фасадам в заветренную зону; по направлению к земле происходит рост скорости перемещения воздуха к боковым фасадам в заветренную вихревую зону. Давление верхних слоев воздуха на нижние слои при обтекании здания потоком ветра приводит к увеличению подвижности воздуха у поверхности земли.



**Рисунок 1.** Зона ветрового подпора: а) схема формирования подпора, б) схема обтекания ветровым потоком высотного здания.

Современное развитие строительной индустрии Украины обуславливает задачу изучения работы систем естественной вентиляции в режиме воздухоудаления низких зданий, расположенных в непосредственной близости вокруг высотного здания. Необходимость данного исследования обуславливает и тот факт, что качественную воздушную среду в таких зданиях создает не система кондиционирования, а системы натурной вентиляции, которые работают за счет разности давления, действующего извне и создаваемого атмосферным давлением и ветровым потоком.

Таким образом, возникает необходимость экспериментального и физического моделирования обтекания ветровым потоком зданий с целью определения границ ветрового подпора. Решение данной задачи реализовалось в метеорологической аэродинамической трубе ДонНАСА (МАТ-1).

### Масштабное моделирование процессов обтекания здания ветровым потоком в метеорологической аэродинамической трубе ДонНАСА

Главным условием подобия аэродинамических процессов в природе и на модели является геометрическое подобие, для обеспечения которого соответствующие размеры натуральных зданий и моделей должны соответствовать единому масштабу линейных размеров [4, 5].

Учитывая реальные натурные размеры зданий и особенности компоновки рабочей части МАТ-1 шириною 1,0 м и высотой 0,7 м, мак-

симальная площадь модели не должна превышать  $0,07 \text{ м}^2$ . Выбранные размеры моделей позволили создать соответствующие условия турбулизации и торможения приземного пограничного слоя (барьер и элементы шероховатости выполнены в виде кубиков в количестве около 3 000 шт). Вихри большого размера были созданы в потоке двояковыпуклыми шпильками (турбулизаторами) [6, 7].

Пограничный слой атмосферы моделировался с помощью элементов шероховатости, барьера и турбулизаторов. Полученные таким образом характеристики потока были исследованы с помощью шестиствольной трубки ЦАГИ в вертикальной плоскости перед моделью здания на расстоянии у границы поворотного круга (рис. 2а).

В четырех дренажных точках 1, 3, 4, 5, расположенных на полусферическом носике 6-ствольного ПВД, регистрировалось избыточное давление относительно атмосферного давления. В носовой дренажной точке 2 регистрировалось избыточное давление относительно статического давления в точке 6, выполненной в виде 4-х отверстий на боковой цилиндрической поверхности ПВД (рис. 2б).

При исследованиях установлено, что скорость воздушного потока в аэродинамической трубе стабилизируется на расстоянии 500 мм (рис. 3) от нижней поверхности рабочей части – «земли». На этой высоте перед поворотным кругом в рабочей части МАТ-1 была установлена трубка Пито, с помощью которой постоянно измерялся скоростной напор свободного воздушного потока [8, 10]:

$$q_{\infty} = \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха (при испытаниях:  $\rho = 1,21 \text{ кг/м}^3$ );  $V$  – скорость воздушного потока.

Для турбулентного течения воздуха правомочно изменение направления и скорости в каждой ее точке. Характеристикой турбулентности, которая учитывает пульсации, является степень турбулентности [11, 12]:

$$I_i(z) = \frac{\sigma_i(z)}{V(z)}, \quad (2)$$

где  $\sigma_i(z)$  – пульсационная составляющая скорости, осредненная по времени на высоте  $z$ ;  $V(z)$  – средняя во времени скорость потока на высоте  $z$ .

При физическом моделировании аэродинамических процессов в турбулентных течениях необходимо, чтобы степени турбулентности в подобных течениях были одинаковыми:

$$I_n = I_m, \quad (3)$$

где  $I_n$  и  $I_m$  – степень турбулентности, соответственно, натурального и модельного течения.

Точное выполнение этого условия является сложной задачей, что и отличает МАТ-1 от других установок, которая позволяет моделировать приземный пограничный слой атмосферы (рис. 3, 4), соответствующий аналогичным природным условиям.

Коэффициенты ветровых давлений рассчитывались в соответствии с выражением [13]:

$$C_p = \frac{\Delta P_i}{q}, \quad (4)$$

где  $\Delta P_i$  – избыточное давление в исследуемой точке относительно атмосферного давления;  $q$  – фактический скоростной напор в рабочей части аэродинамической трубы перед моделью:

$$q = \zeta_{ПТ} (P_a - P_s), \quad (5)$$

где  $\zeta_{ПТ}$  – коэффициент трубки Пито-Прандтля;  $P_a$  – атмосферное давление;  $P_s$  – статическое давление.

Выражение (4) демонстрирует, что величина коэффициента давления зависит от распределения скорости потока воздуха, набегающего на модель. В обычной практике аэродинамического эксперимента достижение полного подобия осуществляется очень редко и вынуждает переходить к условному подобию, которое основывается на явлении автомодельности. Под этим мы понимаем независимость коэффициента ветрового давления от  $Re$ .

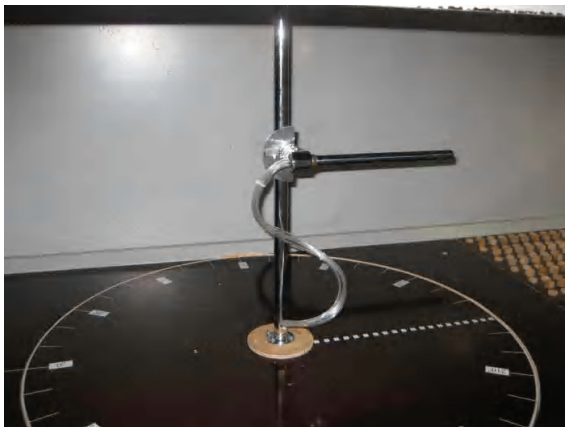
$$Re = Vl/\nu, \quad (6)$$

где  $l$  – характерный размер испытуемой модели;  $\nu$  – кинематическая вязкость воздуха.

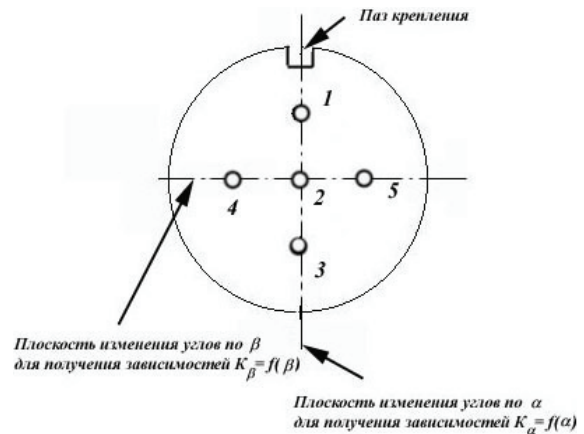
Исходя из соображений получения достоверных результатов (рис. 5) была принята рабочая скорость потока в аэродинамической трубе МАТ-1 ДонНАСА, соответствующая  $Re \approx 2,0 \cdot 10^5$ .

Процесс измерения статического воздушно-го давления, преобразование его в электричес-

а)



б)



**Рисунок 2.** Шестиствольная трубка ЦАГИ: а) расположение в рабочей части МАТ-1, б) расположения дренажных точек на носике.

кий сигнал, обработка и отображение полученных результатов автоматизированы с использованием высокопродуктивной информационно-вычислительной системы «SCADA» (рис. 6). В ее состав входят: пневмокоммутатор с датчиками давления, высокопроизводительный компьютер с системой преобразования аналогового сигнала в цифровой, а также соответствующая коммутационная аппаратура и источники электрического питания [9].

Программа аэродинамических экспериментальных исследований моделей зданий в МАТ-1 предусматривала определение локальных коэффициентов ветрового давления ( $C_{pi}$ ) в 21 точке, расположенной на условном уровне земли (рис. 7), и визуализацию обтекания

любая коммутационная аппаратура и источники электрического питания [9].  
Программа аэродинамических экспериментальных исследований моделей зданий в МАТ-1 предусматривала определение локальных коэффициентов ветрового давления ( $C_{pi}$ ) в 21 точке, расположенной на условном уровне земли (рис. 7), и визуализацию обтекания

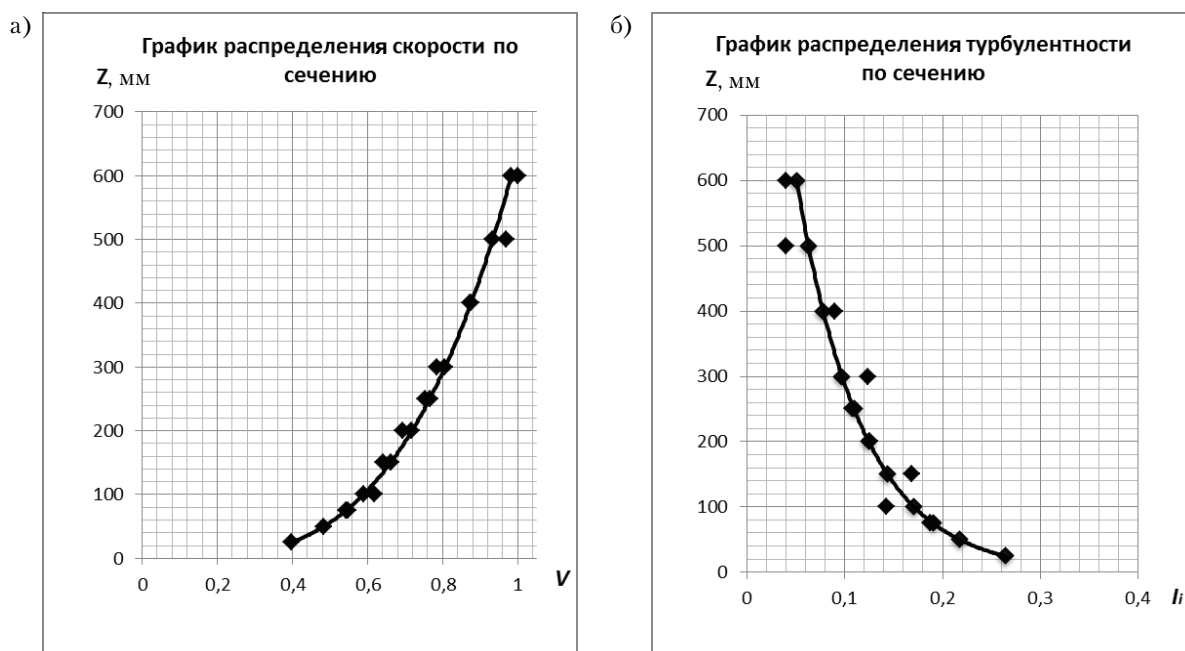


Рисунок 3. Исследование характеристик потока в вертикальной плоскости перед моделью здания: а) распределение скорости; б) распределение турбулентности.

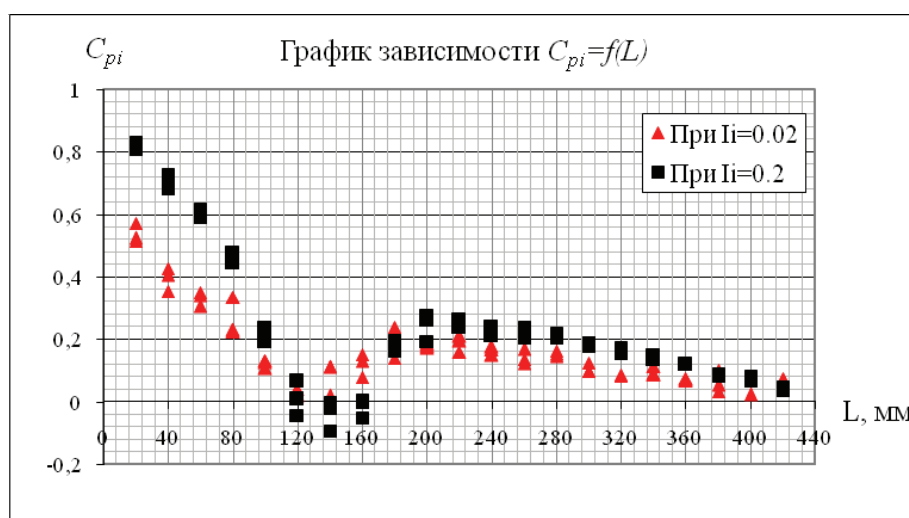


Рисунок 4. Влияние степени турбулентности  $I_i$  на изменение коэффициентов ветрового давления  $C_{pi}$ .

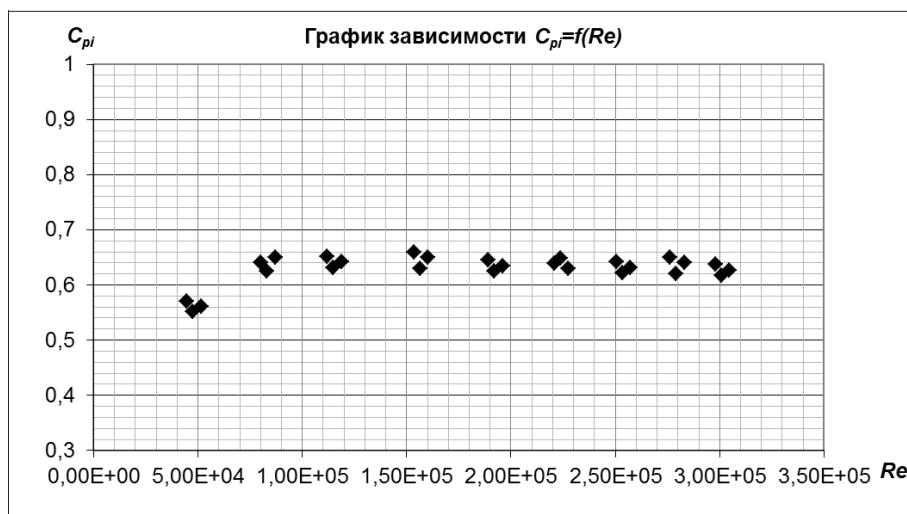


Рисунок 5. Влияние числа Рейнольдса  $Re$  на значение коэффициентов ветрового давления  $C_{pi}$  при проведении масштабных экспериментальных исследований.

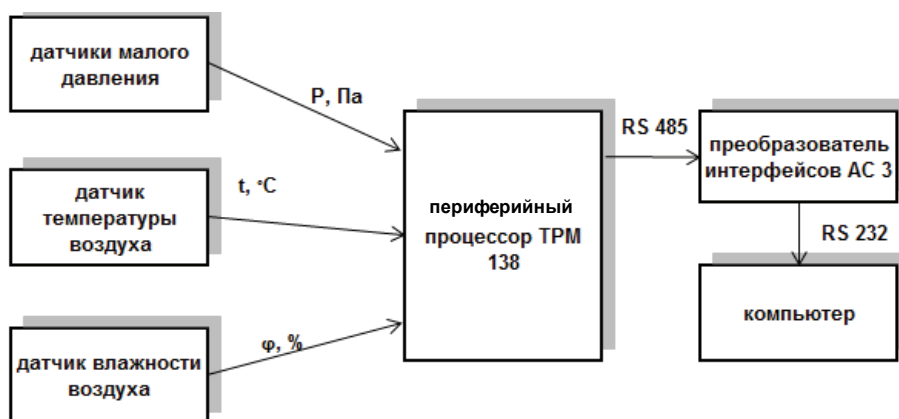
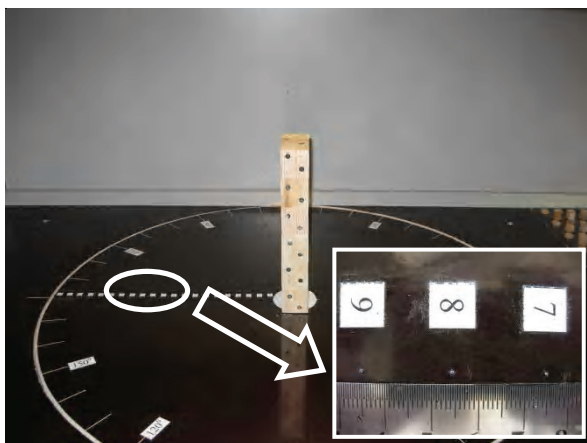


Рисунок 6. Структурная схема системы «SCADA».

а)



б)

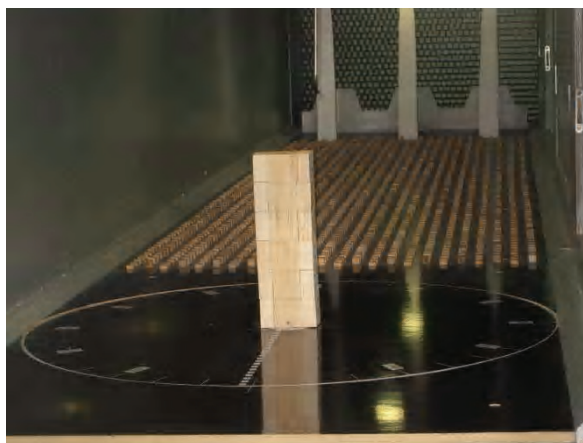


Рисунок 7. Внешний вид модели высотного здания: а) расположение дренажных точек, б) в рабочей части МАТ-1.

ветровым потоком здания методом нитей «шелковинок», при котором нити прикрепляют к поверхности тела, установленном в потоке. В процессе исследования определялись зависимости  $C_{pi} = f(L)$  в наветренной и подветренной зонах зданий с переменными высотой –  $h$  и длиной –  $l$  и по изменению направления ориентации нитей (рис. 8) определялся спектр потока, наличие области отрыва пограничного слоя и граница ветрового подпора.

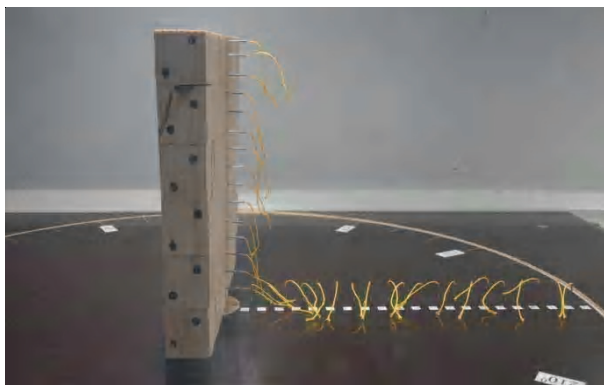
### Результаты экспериментов в аэродинамической трубе

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены средние локаль-

ные коэффициенты ветрового давления  $C_{pi}$  для 21 дренажной точки. Коэффициенты  $C_{pi}$  и визуализация потока дали возможность определить картину обтекания ветровым потоком зданий и выявить зависимость расстояния до границы ветрового подпора ( $L_{в.п.}$ ) от ширины ( $h$ ) и высоты ( $l$ ) зданий (рис. 10). Примеры результатов экспериментальных исследований приведены в виде наложения распределения давления  $C_{pi} = f(L)$  на визуализацию потока (рис. 9).

Проанализировав полученные результаты можно определить зависимость границы зоны ветрового подпора (выраженной пространством под линией, проведенной под углом  $\varphi$  от уровня земли до верха препятствия) от отношения высоты –  $h$  к длине –  $l$  масштабной модели здания (рис. 11).

а)



б)

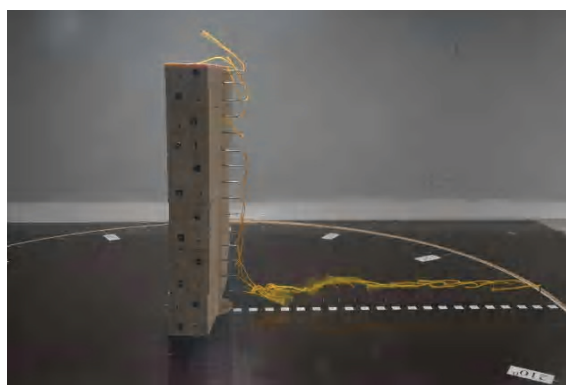


Рисунок 8. Визуализация обтекания ветровым потоком здания методом шелковинок: а) скорость потока равна 0, б) скорость потока равна 10 м/с.

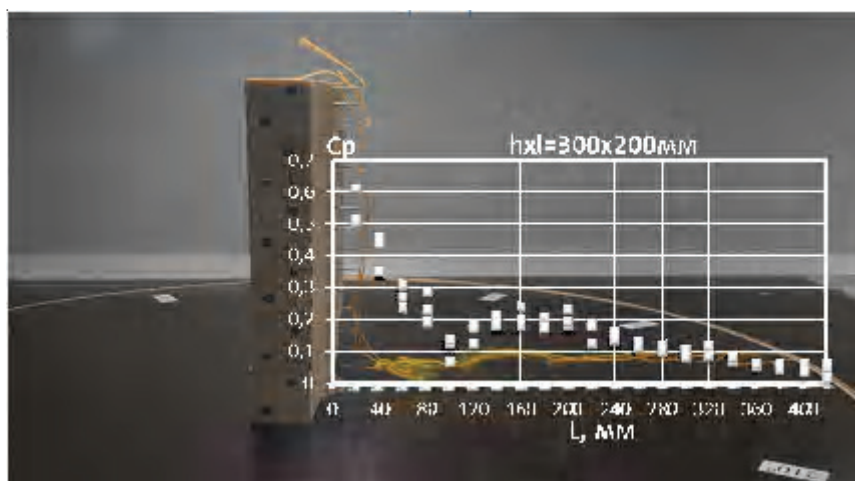


Рисунок 9. Распределение давления и визуализация потока при  $h \times l = 300 \times 200$ .

Расстояние до границы ветрового подпора $L_{вп}$ , мм						
	h=50мм	h=100мм	h=150мм	h=200мм	h=250мм	h=300мм
l=50мм	20	40	40	50	50	50
l=100мм	40	60	60	80	80	80
l=150мм	40	80	80	100	100	120
l=200мм	40	80	100	120	120	140
l=250мм	40	80	120	140	140	160
l=300мм	60	80	120	140	160	180

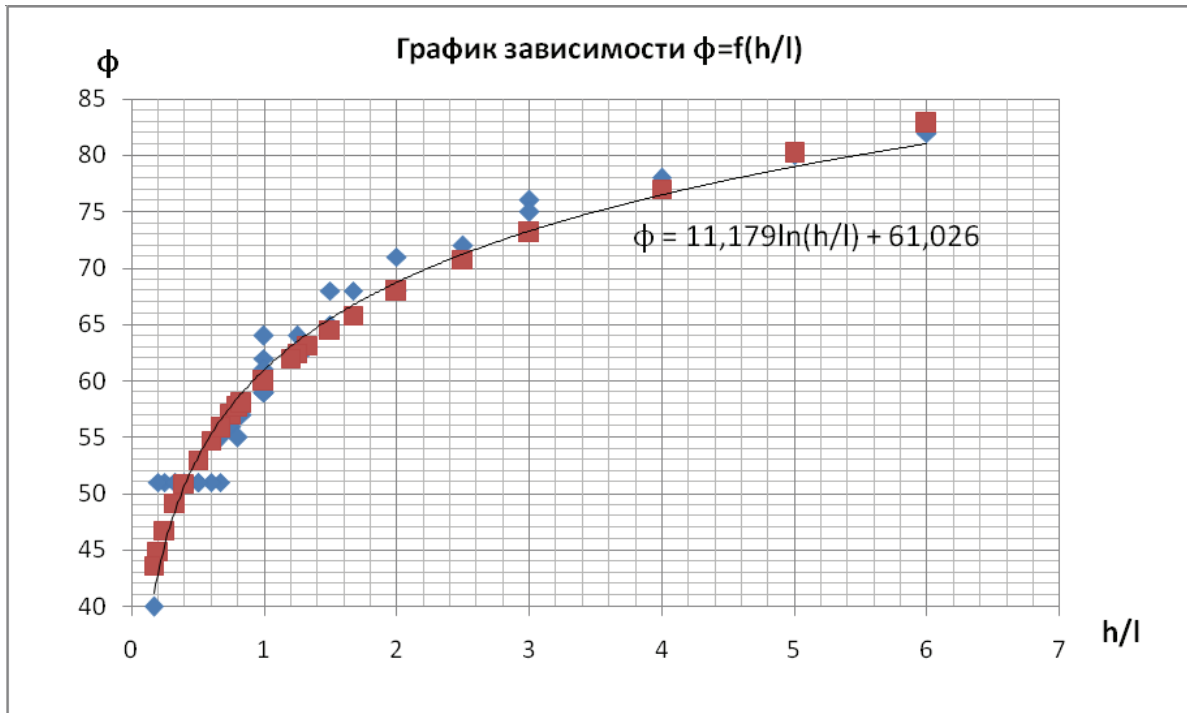
**Рисунок 10.** Граница ветрового подпора в зависимости от  $h \times l$ .

Изучение качественной картины обтекания расположенных на однородной горизонтальной поверхности моделей зданий показало, что возникающая при срыве потока с наветренной кромки циркуляционная зона может заканчи-

ваться как на поверхности земли, так и на поверхности крыши (при достаточно большой ширине здания вдоль потока). Срываясь с подветренной кромки крыши, поток образует циркуляционную зону у подветренной стены здания (подветренную зону). В другом случае здание полностью погружено в циркуляционный поток, вследствие чего обратный поток движется у подветренной стены кверху, а над крышей – в сторону наветренной кромки: циркуляционная зона является единой.

Отрыв потока ветра происходит также перед зданием у поверхности земли, вследствие чего у наветренной стены возникает циркуляционная зона подпора. Аналогичная зона возникает у подветренной стены в пределах единой и подветренной зон.

Срыв потока происходит не только с горизонтальных кромок здания, но и с вертикальных, вследствие чего у торцевых стен также возникают циркуляционные зоны. Эти зоны могут быть едиными, то есть их длина может превышать длину торцевой стены, вследствие чего происходит слияние этих зон с подветренными зонами и наветренными, то есть заканчивающимися у поверхности торцевой стены.



**Рисунок 11.** График определения границы ветрового подпора в зависимости от  $h/l$ .



Таким образом, циркуляционные зоны, возникающие при обтекании ветром отдельно стоящих зданий простой формы, могут быть разделены на следующие разновидности:

- зона подпора, возникающая перед наветренной стеной отдельно стоящего здания;
- единая циркуляционная зона, возникающая при обтекании ветром узких (вдоль ветра) отдельно стоящих зданий;
- наветренная циркуляционная зона, возникающая над крышей у наветренной стены здания;
- подветренная циркуляционная зона, возникающая за подветренной стеной широкого отдельно стоящего здания;
- единая торцевая зона;
- наветренная торцевая зона.

Характерным размером циркуляционной зоны является ее наибольшая длина, измеренная в направлении движения ветра от точки отрыва до точки присоединения потока (в проекции на горизонтальную плоскость).

В связи с тем, что размеры циркуляционных зон зависят от большого числа факторов, путь определения вида расчетных зависимостей на основании только экспериментальных данных не представляется рациональным. Целесообразно, исходя из некоторых предпосылок, получить эти зависимости в общем виде, затем экспериментальным путем определить входящие в них значения постоянных величин.

### Зависимости для расчёта границ циркуляционных зон

В основу рабочей гипотезы положен вывод о пропорциональности длины циркуляционной зоны коэффициенту аэродинамического сопротивления обтекаемой турбулентным потоком модели. Рабочая гипотеза заключается в том, что характер изменения длин циркуляционных зон принимается таким же, что и характер изменения коэффициента сопротивления. Таким образом, определив зависимости коэффициента сопротивления моделей, подобных различным размерам зданий, сможем определить общий вид формул, описывающих изменение размеров циркуляционных зон. Благодаря этому оказалось возможным использовать для получения расчетных зависимостей не только результаты

собственных исследований, но и многочисленные данные, приведенные в публикациях по различным вопросам аэродинамики. Полученные расчётные зависимости удовлетворительно соответствуют экспериментальным данным.

Исходными данными для определения координат границ сложных циркуляционных зон являются размеры основных типов простых циркуляционных зон, которые можно рассчитать по следующим формулам (при  $l > 1,41H$  и направлении ветра вдоль оси симметрии здания):

- единая зона

$$l_e = 16H \left\{ 1 - \exp \left[ -0,186 \left( \frac{l}{H} \right)^{0,68} \right] \right\} \exp \left[ -0,57 \left( \frac{\delta}{H} \right)^{0,54} \right] + 1,3H\Phi_0 \left[ 4,5 \lg \left( \frac{H}{b} \right) \right] \text{ м,} \quad (7)$$

- наветренная зона

$$l_n = 7,8H \left\{ 1 - \exp \left[ -0,31 \left( \frac{l}{H} \right)^{0,68} \right] \right\} \times \exp \left[ -1,3 \left( \frac{\delta}{H} \right)^{0,54} \right] \text{ м,} \quad (8)$$

- подветренная зона

$$l_{ns} = 4,8H \left\{ 1 - \exp \left[ -0,4 \left( \frac{l}{H} \right)^{0,68} \right] \right\} \text{ м,} \quad (9)$$

- зона подпора

$$l_n = 1,5H \left\{ 1 - \exp \left[ -0,5 \left( \frac{l}{H} \right)^{0,68} \right] \right\} \times \exp \left[ -0,3 \left( \frac{\delta}{H} - 0,1 \right)^{0,54} \right] \text{ м.} \quad (10)$$

В формулах (7)–(10) приняты обозначения:  $l_e, l_n, l_{ns}, l_n$  – длина циркуляционной зоны единой, наветренной, подветренной, подпора соответственно, м;

$l, b, H$  – длина (расстояние между разбивочными осями здания в поперечном ветру направлении), ширина (то же, вдоль ветра) и высота здания (расстояние от поверхности земли до уровня кровли или до верха сплошного парапета при его наличии) соответственно, м;

$\delta$  – толщина вытеснения пограничного слоя ветра, набегающего на здание (характеризует

строение пограничного слоя ветра, претерпевшего изменения вертикальных скоростных профилей под воздействием обтекаемых им зданий и сооружений), м;

– интеграл Гаусса:

$$\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt ; \quad (11)$$

$t$  – обозначение выражения в скобках под знаком интеграла.

Индексы означают:  $e$ ,  $n$ ,  $p_v$  – единая, наветренная, подветренная зоны;  $p$  – зона подпора. Здесь и дальше начало координат расположено в центре проекции соответствующей отрывной кромки.

Расчетной длиной циркуляционной зоны считается наибольшее расстояние в плане (по оси симметрии здания) вдоль направления ветра от отрывной кромки крыши или стены до точки присоединения потока (конца зоны), лежащей на поверхности земли, на крыше или стене того же или соседнего здания. Под отрывными кромками зданий и их элементов понимаются линии пересечения плоскостей стен и крыш и стен между собой.

## Литература

1. Работа вентиляционных систем пятиэтажного здания под влиянием высотного здания [Текст] / Р. Н. Павловский, П. М. Виноградский, С. Г. Кузнецов, П. В. Артамонов // 36. наук. праць Луганського національного аграрного університету. – 2005. – № 45(68). – С. 107–115.
2. Павловський, Р. М. Аеродинамічний вплив висотних будинків на роботу витяжних вентиляційних систем сусідніх малоповерхових будинків [Текст] / Р. М. Павловський // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2010. – Т. 6, № 3. – С. 131–144.
3. Государственные строительные нормы Украины. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Внешние сети и сооружения. Газоснабжение [Текст] : ДБН В.2.5-20-2001. – Взамен СНиП 2.04.08-87, СНиП 3.05.02-88 ; введ. 2001-08-01. – К. : Госстрой Украины, 2001. – 131 с.
4. Горохов, Е. В. Экспериментальные методы определения ветровых нагрузок на здания и сооружения [Текст] / Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов. – Донецк : Норд-Пресс, 2009. – 168 с.
5. Натурное исследование ветровых нагрузок на высотных сооружениях [Текст] / Е. В. Горохов,

## Выводы

В результате проведенных исследований масштабных моделей высотных зданий в аэродинамической трубе была определена граница ветрового подпора в зависимости от изменения геометрических параметров модели методами изучения поля ветровых давлений и визуализации потока с наветренной стороны. Получены математические зависимости, которые определяют границы зон ветрового подпора, выраженные пространственным углом  $\varphi$ , формирующегося между поверхностью наветренной стороны и ветровым потоком, обтекающим высотное здание. В зависимости от соотношения высоты и длины здания пространственный угол  $\varphi$  изменяется от 40 до 80 градусов от поверхности земли, что совсем не подтверждает устоявшиеся положения, приведенные ранее в нормативной документации. Данная работа является научным подтверждением формирования области ветрового подпора, что и разъясняет ряд частных результатов, имеющих в инженерной практике, по обоснованию размещения высотного здания в существующей низкой застройке.

## References

1. Pavlovskij, R. N.; Vinogradskij, P. M.; Kuznetsov, S. G.; Artamonov, P. V. Air duct system operation of five-storeyed building under the influence of high-rise building. In *Edited volume, Lugansk National Agrarian University*, 2005, No. 45(68), p. 107–115. (in Russian)
2. Pavlovsky, Roman N. Effect of aerodynamics of high-rise buildings on exhaust ventilation systems work of neighboring low-rise buildings. In *Modern industrial and civil construction*, 2010, T. 6, No. 3, p. 131–144. (in Ukrainian)
3. National Structural Rules and Regulations. Plumbing installation. External network and constructions. Gas feeding: ДБН В.2.5-20-2001. Kyiv: Gosstroj Ukraine, 2001. 131 p. (in Russian)
4. Gorohov, Ye. V.; Kuznetsov, S. G. Experimental test methods of wind load on building and constructions. Donetsk: Nord-Press, 2009. 168 p. (in Russian)
5. Gorohov, Ye. V.; Vasylev, V. N.; Kuznetsov, S. G.; Salivon, Yu. I. Full-scale investigation of wind load on high-rise structures. In *Edited volume «Modern building constructions made of metal and wood»*. Odessa: Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2007, p. 33–38. (in Russian)

- В. Н. Васылев, С. Г. Кузнецов, Ю. И. Саливон // Современные строительные конструкции из металла и древесины : Сб. науч. трудов / Одесская государственная академия строительства и архитектуры. – Одесса : ОГАСА, 2007. – С. 33–38.
6. Горохов, Е. В. Расчет ветровых нагрузок на конструкции в условиях городской застройки [Текст] / Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов, В. Н. Васылев // Зб. наук. праць Українського наук.-досл. та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – 2008. – № 1. – С. 16–23.
  7. Кузнецов, С. Г. Чисельне моделювання вітрових навантажень висотних будівель [Текст] / С. Г. Кузнецов // Наукові нотатки : збірник / Луцький державний технічний університет. – 2008. – Випуск 22, Том 1. – С. 168–173.
  8. Кузнецов, С. Г. Роль строительной аэродинамики в проектировании зданий и сооружений [Текст] / С. Г. Кузнецов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2008. – Вип. 2008-6(74) : Проблеми архітектури і містобудування. – С. 120–125.
  9. Мальцева, Л. А. Основы цифровой техники [Текст] / Л. А. Мальцева, Э. М. Фломберг, В. С. Ямпольский. – М. : Радио и связь, 1986. – 128 с.
  10. Cook, N. J. The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification [Текст] / N. J. Cook. – London : Butterworth-Heinemann, 1990. – 383 p.
  11. Dyrbye, C. Wind loads on structures [Текст] / C. Dyrbye. – New York : John Wiley & Sons, 1999. – 229 p.
  12. Holmes, J. D. Wind loading of structures [Текст] / J. D. Holmes. – Great Britain : Eastbourne, 2005. – 356 p.
  13. Lawson, T. Building aerodynamics [Текст] / T. Lawson. – London : Imperial College Press, 2001. – 286 p.
  6. Gorohov, Ye. V.; Kuznetsov, S. G.; Vasylev, V. N. Analysis of wind load on constructions under the conditions of urban development. In *compendium V. M. Shyman Ukrainian Scientific Research and Design Institute*, 2008, No. 1, p. 16–23. (in Russian)
  7. Kuznetsov, S. G. The numerical modeling of wind loads tall buildings. In *Scientific notes*, 2008, Vol. 22, Том 1, p. 168–173. (in Ukrainian)
  8. Kuznetsov, S. G. The role of wind engineering in building and structure design. In *compendium Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2008, Vol. 2008-6(74), p. 120–125. (in Russian)
  9. Maltseva, L. A.; Flomberg, E. M.; Yampolskii, V. S. Principles of digital technology. Moscow: Radio i sviaz, 1986. 128 p. (in Russian)
  10. Cook, N. J. The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification. London: Butterworth-Heinemann, 1990. 383 p.
  11. Dyrbye, C. Wind loads on structures. New York: John Wiley & Sons. 1999. 229 p.
  12. Holmes, J. D. Wind loading of structures. Great Britain: Eastbourne. 2005. 356 p.
  13. Lawson, T. Building aerodynamics. London: Imperial College Press. 2001. 286 p.

**Горохов Євген Васильович** – д. т. н., професор, завідувач кафедри металевих конструкцій, ректор Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Президент Української асоціації з металевих конструкцій, закордонний член Російської академії будівництва, академік Академії Вищої освіти та Академії будівництва України. Член Міжнародного комітету по вивченню впливу вітру на будівлі та споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

**Василев Володимир Миколайович** – к. т. н., професор кафедри металевих конструкцій, начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Лауреат державної премії. Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження робіт опор ліній електропередачі; регулювання і облік внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

**Кузнецов Сергій Георгійович** – д. т. н., професор; завідувач кафедри містобудування і інженерної графіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання приземного пограничного шару атмосфери, натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

**Лозинський Едуард Олександрович** – асистент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

**Горохов Евгений Васильевич** – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Президент Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Иностранный член Российской Академии строительства, академик Академии Высшей школы и Академии строительства Украины. Член Международного комитета по изучению воздействия ветра на здания и сооружения. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

**Васылев Владимир Николаевич** – к. т. н., профессор кафедры металлических конструкций, начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Лауреат государственной премии. Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работ опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

**Кузнецов Сергей Георгиевич** – д. т. н., профессор; заведующий кафедрой градостроительства и инженерной графики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования приземного пограничного слоя атмосферы, натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

**Лозинский Эдуард Александрович** – ассистент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

**Yevgen Gorokhov** – D.Sc. (Eng.), Professor; a Head of Metal Structures department, a rector of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a president of Ukrainian Association of Metal Construction. Foreign Member of Russian Academy Architecture and Building Sciences, Member of High School and Building Academy of Ukraine. His research interests include the reliability of existing metal structures.

**Volodymyr Vasylev** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; a professor of Metal Structures department at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Head of the Laboratory of Tested Building Structures & Constructions. His scientific interests include studying of the valid work of metal structures.

**Sergey Kuznetsov** – DSc (Eng), Professor; Head of the Town-planning and Construction and Engineering Graphics Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of method estimation of wind effects on buildings, construction and their complexes; perfection of methods modelling of a ground atmospheric boundary layer; full-scale and modelling tests of wind loads on buildings and structures.

**Eduard Lozinsky** – an assistant of the Architecture of Industrial and Civil Buildings Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of the estimation technique of the wind effects on buildings, construction and their complexes; imperfection of the simulation technique of the ground atmospheric boundary layer; full-scale and modelling testing of wind loads on constructions and structures.