



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

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

2012, ТОМ 18, НОМЕР 2, 147–157

УДК 621.396

(12)-0266-1

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВІТРОВОГО ТИСКУ НА КОНСТРУКЦІЇ ЩОГЛ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЇХ РОЗТАШУВАННЯ НА ДАХАХ БУДІВЕЛЬ**

**В. В. Губанов, І. В. Межинська**

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

*E-mail: ira.meginskaya@yandex.ua*

*Отримана 28 березня 2012; прийнята 27 квітня 2012.*

**Анотація.** У статті викладено результати дослідження властивостей вітрового потоку над поверхнею будівлі, на покритті якого розташовується щогла стільникового зв'язку. Виконано обґрунтування необхідності проведення досліджень. Для проведення експерименту використовувалася відкрита всмоктуюча аеродинамічна труба короткого типу. Описано параметри аеродинамічної труби і використовуваних вимірювальних приладів. Виконувалися виміри пульсуючих швидкостей вітру за відсутності будівлі і за наявності даної моделі будівлі. Отримані профілі середньої швидкості вітру, інтенсивності турбулентності, спектральної щільності для всіх висотних точок профілю залежно від частоти, уточнюючого коефіцієнта перевищення середньої швидкості вітру. Запропоновано вдосконалення методики розрахунку вітрового тиску на конструкції щогл, розташованих на покрівлі будівель з врахуванням збільшення вітрового тиску над будівлею, обумовленого власними аеродинамічними властивостями.

**Ключові слова:** щогла, опорна будівля, лабораторний експеримент, аеродинамічна труба, швидкість вітру, методика розрахунку вітрового тиску.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЕТРОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА КОНСТРУКЦИИ МАЧТ СОТОВОЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ НА КРЫШАХ ЗДАНИЙ**

**В. В. Губанов, И. В. Межинская**

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

*E-mail: ira.meginskaya@yandex.ua*

*Получена 28 марта 2012; принята 27 апреля 2012.*

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследования свойств ветрового потока над поверхностью здания, на покрытии которого располагается мачта сотовой связи. Выполнено обоснование необходимости проведения исследований. Для проведения эксперимента использовалась открытая всасывающая аэродинамическая труба короткого типа. Описаны параметры аэродинамической трубы и используемых измерительных приборов. Выполнялись измерения пульсирующих скоростей ветра при отсутствии здания и при наличии рассматриваемой модели здания. Получены профили средней скорости ветра, интенсивности турбулентности, спектральной плотности для всех высотных точек

профиля в зависимости от частоты, уточняющего коэффициента превышения средней скорости ветра. Предложено совершенствование методики расчета ветрового давления на конструкции мачт, расположенных на кровле зданий с учетом увеличения ветрового давления над зданием, обусловленного собственными аэродинамическими свойствами.

**Ключевые слова:** мачта, опорное здание, лабораторный эксперимент, аэродинамическая труба, скорость ветра, методика расчета ветрового давления.

## IMPROVEMENT OF WIND PRESSURE CALCULATION OF GUYED MASTS CONSIDERING THEIR LOCATION ON BUILDINGS ROOFS

Vadim Gubanov, Iryna Mezhynska

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail: ira.meginskaya@yandex.ua*

*Received 28 March 2012; accepted 27 April 2012.*

**Abstract.** Guyed masts for cellular nets are often on roofs of buildings placed. This article reviews the research results of wind stream properties over a building surface in the wind tunnel. Importance of this research is highlighted. The open soaking-up wind tunnel of short type was for the experiment used. An overview of the main parameters of a wind tunnel and of the used measuring devices is given. Measurements of wind pulsing speeds without the building model and with the considered model of a building were carried out. There are the profile of average speed of a wind, the profile of intensity of turbulence, the profile of spectral density for all high-rise points of a profile depending on frequency, the profile of specifying factor of average wind speed amplification received. Improvement of a wind pressure calculation procedure for the guyed masts located on a roof of buildings taking into account caused by own aerodynamic properties wind pressure increase over a building is offered.

**Keywords:** guyed mast, basic building, laboratory experiment, wind tunnel, speed of a wind, design procedure of wind pressure.

### 1. Введение

Современная система сотовой связи образует узкую сеть антенных устройств. Мачты сотовой связи густо заполняют территории современных городов. Часто опоры сотовой связи размещают на покрытиях эксплуатируемых зданий. Этот способ расположения мачт имеет преимущества:

- экономия городской территории;
- уменьшение высоты самой конструкции опоры.

Легкие металлические решетчатые мачты являются высотными сооружениями, обладающими специфическими свойствами. Они имеют небольшие габариты и передают на конструкции нижележащих зданий нагрузки небольших масштабов, что позволяет размещать сооружения на конструкциях, которые при проектировании изначально не рассчитаны на

восприятие дополнительных нагрузок. Положительным фактором при выборе площадки строительства является наличие нескольких анкерных фундаментов оттяжек мачт, что позволяет равномерно распределять усилия на несущие конструкции нижестоящих зданий. Более того, при шарнирном закреплении ствола мачты с центральным фундаментом в основании отсутствуют изгибающие моменты, следовательно, центральный фундамент не требует массивных размеров.

При проведении натурных обследований сооружений, а также проведении плановых эксплуатационных мероприятий выявляется, что современные мачты сотовой связи фактически имеют большое количество повреждений [1]. Причинами возникновения повреждений могут быть как ошибки, допущенные на стадиях изготовления и монтажа, так и ошибки, допущенные на стадии проектирования.

Существующие методики расчета мачт, как правило, ориентированы на мачты радиорелейной связи, достигающие высот 150–600 м, имеющие массивные поперечные сечения и особые конструктивные решения [2, 3, 4].

Наиболее значимой нагрузкой на мачты, представляющие собой один из видов высотных сооружений, является ветровая нагрузка. Первым и ответственным этапом при проектировании мачт является определение расчетных нагрузок. При расчете величины ветрового давления на мачты в соответствии с нормативными документами [5, 6] учитываются аэродинамические коэффициенты пространственных решетчатых конструкций ствола, канатов оттяжек, а также технологического оборудования. Однако нижестоящее опорное здание обладает собственными аэродинамическими свойствами, которые оказывают влияние на величину ветрового давления на конструкции, расположенные в окрестности здания и над зданием. При взаимодействии ветрового потока со зданием свойства его изменяются. Переменными являются как направление, так и скорость ветра [7, 8, 9].

В аэродинамической трубе института стальных конструкций ТУ Брауншвайг учеными Клобес М. и Альдазоро О. были проведены лабораторные исследования ветровых воздействий на дымовые трубы, расположенные рядом со зданиями [10]. Здание образует боковую опору в верхнем уровне конструкции, в дымовой трубе образуется консольный участок. С учетом изменения структуры ветра из-за наличия расположенного рядом опорного здания максимальные напряжения в конструкции увеличиваются на 10 % по сравнению с напряжениями, полученными без учета указанного эффекта. Следует предположить, что явление интерференции ветра над зданиями также приведет к значительному увеличению напряжений в элементах мачт.

Цель данного исследования – изучить действительные свойства ветрового потока над кровлей здания в местах установки мачт сотовой связи путем проведения лабораторного эксперимента в аэродинамической трубе.

Задачи:

- получение профилей скоростей ветра для заданного района строительства при отсутствии и наличии опорного здания;

- определение уточняющих коэффициентов для расчета ветрового давления на конструкции мачт.

## 2. Аэродинамическая труба

Эксперимент выполнялся в аэродинамической трубе института стальных конструкций Технического университета г. Брауншвайг (Германия). Аэродинамическая труба института стальных конструкций г. Брауншвайг является открытой всасывающей аэродинамической трубой типа Эйфель (Eiffel) (рис. 1) [11]. Различают длинные и короткие аэродинамические трубы. В первом случае атмосферный пограничный слой образуется естественным образом вдоль продольного направления аэродинамической трубы. При этом не требуются генераторы турбулентности. Аэродинамическая труба института стальных конструкций ТУ г. Брауншвайг представляет собой короткую аэродинамическую трубу. Для воссоздания естественного пограничного слоя наряду с элементами шероховатости здесь применяются также приспособления, вызывающие турбулентность.

Аэродинамическая труба имеет 4 зоны: сопло, участок течения ветрового потока, рабочая зона (зона измерений) № 1, рабочая зона (зона измерений) № 2. Общая длина ветрового канала 12,85 м. Длина рабочей части трубы составляет 1,25 м, с поперечным сечением 1,2×1,4 м. В табл. 1 приведены параметры аэродинамической трубы.

Использованная измерительная техника:

- зонд Прандтля;
- электронный микроанометр ManoAir 500;
- зонд с множеством отверстий TFI Cobra Probe 246;
- универсальный измерительный усилитель HBM QuantumX MX840.

С помощью этой пневмометрической трубки Прандтля измеряются общее  $p_s$  и статическое  $p$  давления направленной среды. Микроанометр ManoAir 500 измеряет температуру и давление. С помощью прибора Cobra Probe 246 измеряются пульсирующие скорости в турбулентной ветровой среде ветра. Cobra Probe 246 – это трубка с несколькими отверстиями. На головке размещены отверстия для измерения давления, с помощью которых измеряется статическое давление  $p$  и все три составляющие вектора скорости в направлениях X, Y и Z.

### 3. Описание исследуемой модели

Фундаменты стволоч мачт располагаются над несущими стенами, колоннами, анкерные фундаменты оттяжек – над несущими стенами, колоннами, в парапетах, в плитах покрытий. Таким образом, для уточнения ветрового давления на конструкции мачт целесообразно измерять значение скорости ветра над всей поверхностью покрытия здания. В соответствии с анализом

конструктивных решений существующих мачт сотовой связи [1], выявлено, что опоры антенн сотовой связи располагают на зданиях высотой от 30 до 60 м. Чем выше опорное здание, тем более критическим является эффект увеличения скорости ветра над его поверхностью.

Для эксперимента была выбрана модель здания в виде куба размерами 21×21×21 см гладкой поверхности. Что соответствует высоте зда-

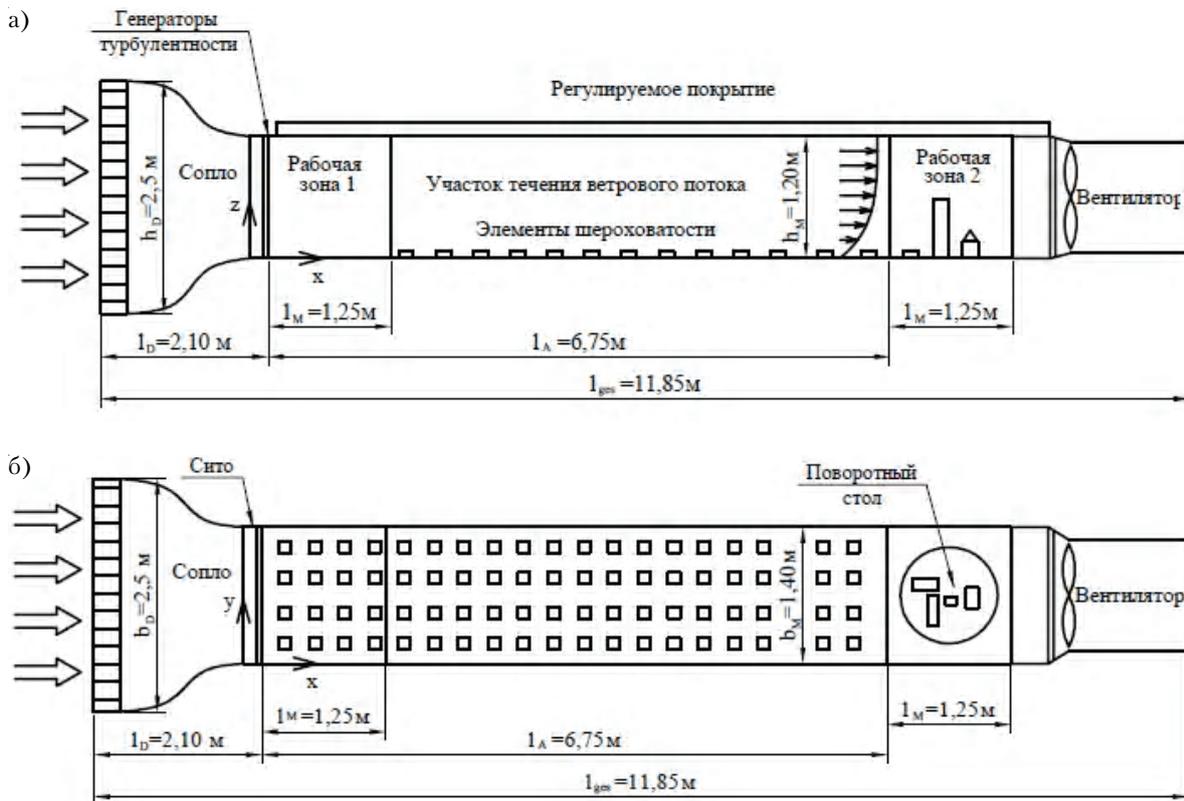


Рисунок 1. Схема аэродинамической трубы: а) вид; б) план.

Таблица 1. Параметры аэродинамической трубы

Размеры		
Общая длина		12,85 м
Сопло	Длина	2,10
	Высота	2,50
	Ширина	2,50
Участок течения ветрового потока	Длина	6,75
	Высота	1,20-1,40
	Ширина	1,40
Зоны измерений № 1,2	Длина	1,25
	Высота	1,20-1,40
	Ширина	1,40
Вентилятор	Длина	1,5

ния 40–60 м в натуре в соответствии с допустимым геометрическим масштабом для данной аэродинамической трубы, заданного типа местности и ветрового района [12]. Заданные условия типа местности и ветрового района обеспечиваются применением конфигурации генераторов турбулентности и элементов шероховатости, изображенных на рис. 2 [12]. В качестве элементов шероховатости использовались Lego-кубики. Данная конфигурация соответствует району строительства 3 с нормативным ветровым давлением  $470 \text{ Н/м}^2$ , типу местности III по DIN 1055-4 [13].

Заданная скорость ветра, генерируемая турбиной в аэродинамической трубе, была  $12 \text{ м/с}$ . Ветровому району 3 [13] соответствует скорость ветра  $27,5 \text{ м/с}$ . Время каждого измерения скорости ветра было принято  $120 \text{ сек}$ . Геометрический масштаб измерений был принят  $1:200$ , что обеспечило соответствие искусственного потока, генерируемого в аэродинамической трубе, естественному по трем параметрам: средней скорости ветра, интенсивности турбулентности и интегральному масштабу длины.

Измерения скоростей ветра проводились при отсутствии здания в 16 точках по высоте. Для обеспечения измерения скорости ветра в пределах граничного слоя измерения проводились до трехкратной высоты модели самого здания (до высоты  $81 \text{ см}$ ). При измерении свойств ветра над зданием измерительный прибор Cobra Probe 246 располагался в двух точках над покрытием: строго над центром покрытия (по оси «в центре») и на диагонали к плану покрытия на расстоянии  $2 \text{ см}$  от края здания

(по оси «на диагонали») (рис. 3, 4). Значения скоростей ветра при расположении конструкций в промежуточных точках покрытия предполагается определять интерполяцией.

#### 4. Результаты исследования

Для оценки результатов эксперимента использовалась методика расчета [10, 12], реализованная в программе MATLAB. В основе методики лежат положения, изложенные в нормативных документах и технической литературе [6, 7, 8, 11, 13].

Результаты исследований свойств ветрового потока с учетом модели существующего здания были получены для положения измерительного прибора по оси «в центре» при углах действия ветра от  $0, 15, 30, 45^\circ$  и для положения измерительного прибора по оси «на диагонали» при углах действия ветра  $0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180^\circ$ .

Для осей измерений «в центре» и «на диагонали» каждого угла направления измерения ветра были получены кривые:

- средней скорости ветра;
- интенсивности турбулентности;
- спектральной плотности для всех высотных точек профиля в зависимости от частоты;
- уточняющего коэффициента превышения средней скорости ветра, зависящего от нормированной высоты  $z/h$  объекта, где  $z$  – высота над поверхностью земли,  $h$  – высота существующего здания.

Значительные увеличения скорости ветра наблюдаются как по оси «в центре», так и по оси «на диагонали». Однако максимальные значения перепадов скоростей ветра возникают по

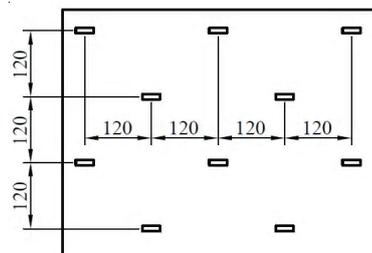
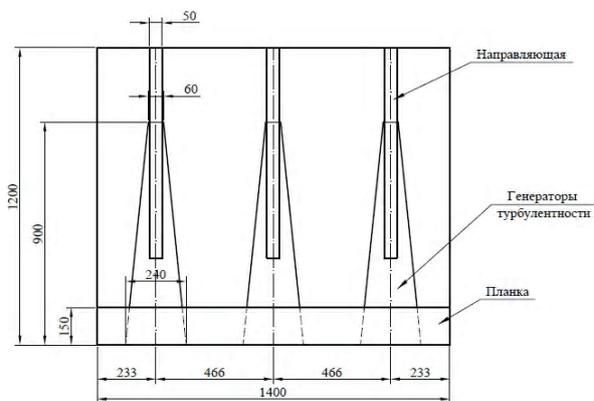


Рисунок 2. Схемы генераторов турбулентности и элементов шероховатости.

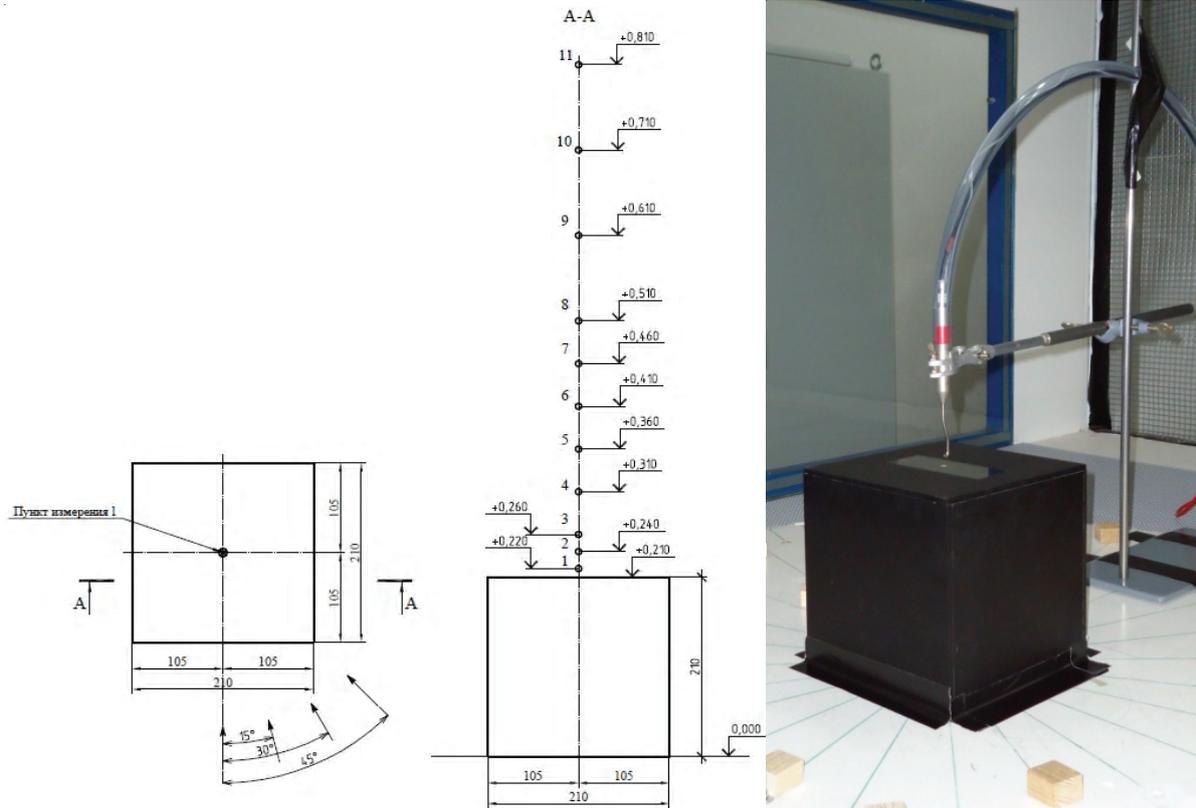


Рисунок 3. Схема расположения измерительного прибора по оси «в центре».

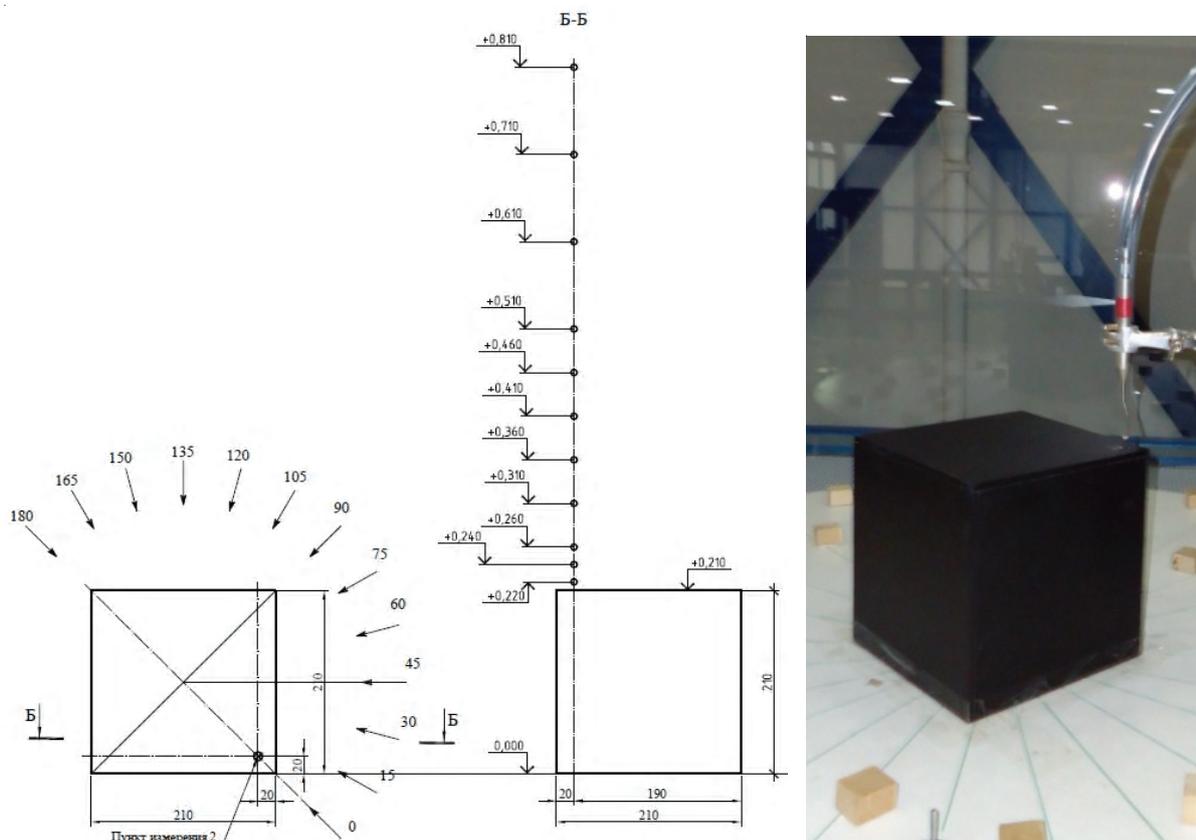


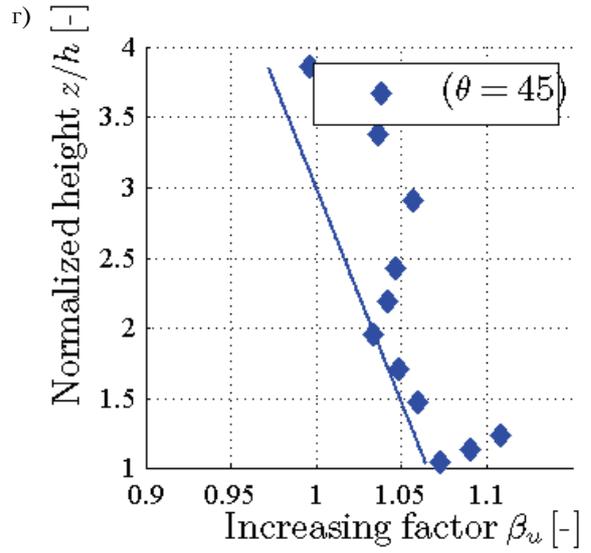
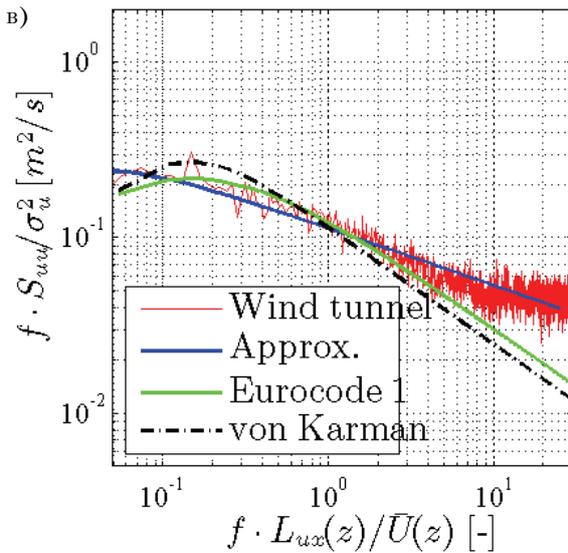
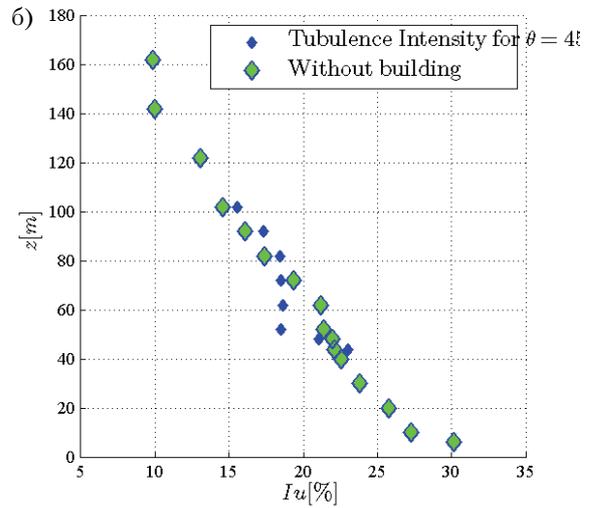
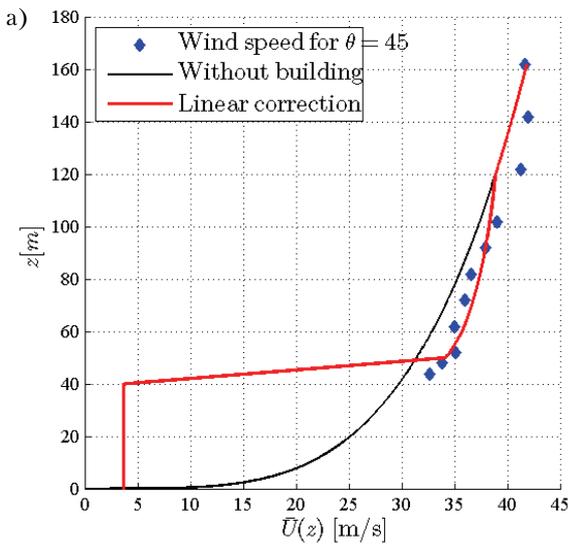
Рисунок 4. Схема расположения измерительного прибора по оси «на диагонали».

оси «в центре» при угле действия ветра  $\theta = 45^\circ$  (рис. 5), по оси «на диагонали» – при угле действия ветра  $\theta = 180^\circ$  (рис. 6). То есть в двух случаях – при направлении ветра по диагонали здания.

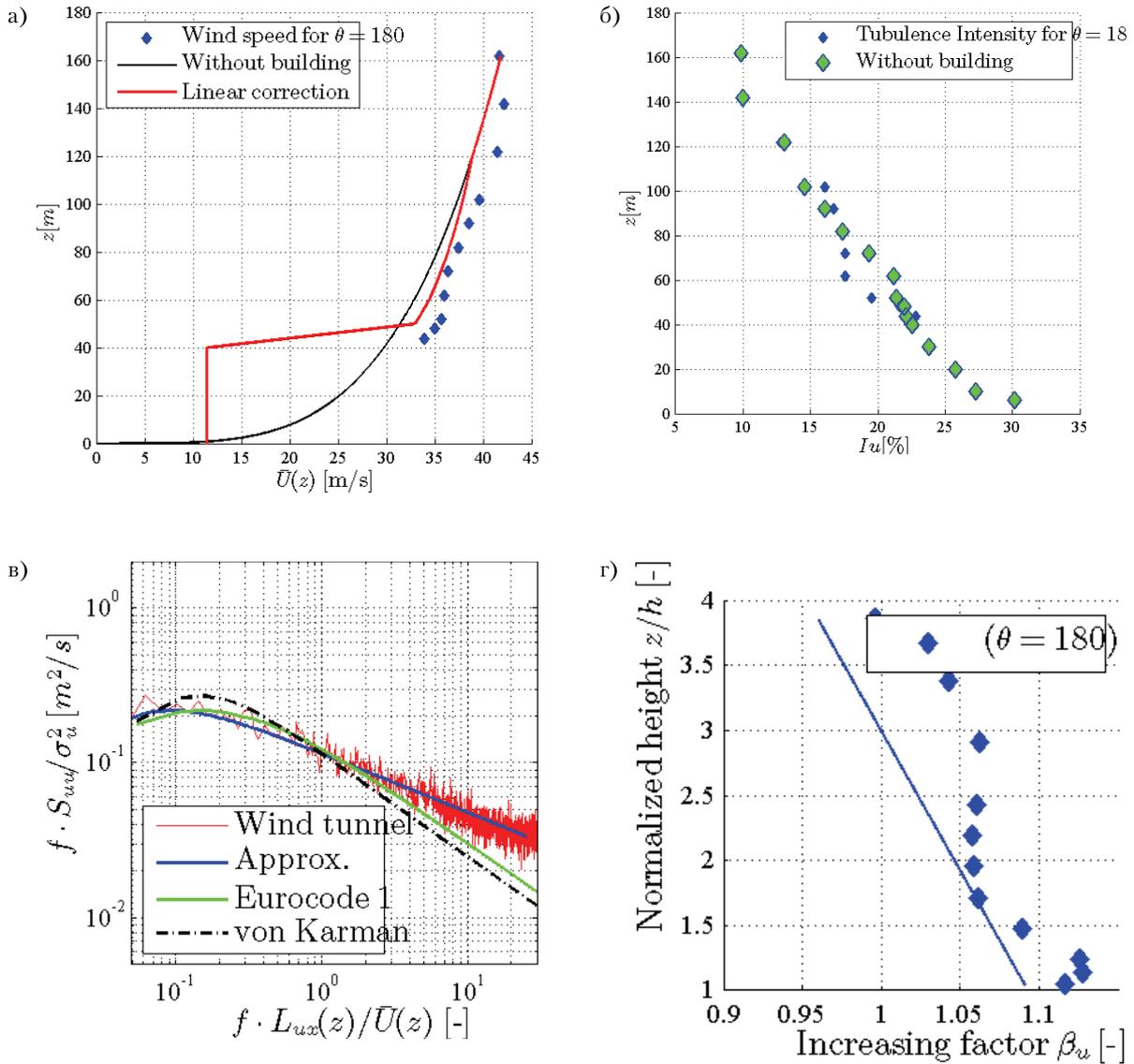
Для каждой точки установки измерительного прибора по высоте были получены частотные спектры. Значительное изменение частотного спектра ветровой энергии наблюдается в первых четырех точках измерения над верхом здания, то есть до высоты  $1,5 h$ . В дальнейшем

энергия, возникшая в результате обтекания ветром здания затухает. Однако вследствие относительно небольших высот мачт сотовой связи наблюдаемые изменения частотных спектров являются значительными в пределах полных высот сооружений. Эти данные имеют значение для расчета мачт спектральным способом [20].

В соответствии со СНиП 2.01.07-85\* [3], ветровую нагрузку следует определять как сумму средней и пульсационной составляющих (рис. 7а).



**Рисунок 5.** Результаты исследований свойств ветрового потока над покрытием опорного здания при положении измерительного прибора «в центре» и угле действия ветра  $45^\circ$ : а) профиль скорости ветра; б) профиль интенсивности турбулентности; в) спектральная плотность; г) коэффициент увеличения скорости ветра вследствие обтекания опорного здания.



**Рисунок 6.** Результаты исследований свойств ветрового потока над покрытием опорного здания при положении измерительного прибора «на диагонали» и угле действия ветра 180°: а) профиль скорости ветра; б) профиль интенсивности турбулентности; в) спектральная плотность; г) коэффициент увеличения скорости ветра вследствие обтекания опорного здания.

В результате проведенных исследований ветрового потока при обтекании опорных зданий установлена необходимость в коррекции величины ветрового давления на мачты, а также другие высотные опоры сотовой связи. Предлагается учитывать превышение нормативного ветрового давления путем введения в расчет уточняющего безразмерного коэффициента  $\beta$ , который зависит от высоты опорного здания  $H$  и высоты рассматриваемой конструкции опо-

ры сотовой связи  $h$ . Алгоритм уточненной методики расчета изображается на рис. 76.

### Выводы

Установлено, что при обтекании ветром здания происходит максимальное увеличение средней скорости ветра до 15 %, что не учитывается в методиках расчета в нормативных документах по расчету ветровой нагрузки на мачты [4, 5, 7,



**Рисунок 7.** Методика расчета ветрового давления на конструкции мачт: а) в соответствии с СНиП 2.01.07-85\* [3]; б) с учетом увеличения ветрового давления вследствие обтекания опорного здания.

15, 16]. Предложена совершенствованная методика расчета ветрового давления на мачты сотовой связи в учетом аэродинамических свойств опорных зданий. Для разработки уни-

версальной методики расчета, учитывающей увеличение ветрового давления над опорными зданиями, планируется рассмотреть также опорные здания различных конфигураций.

## Литература

1. Губанов, В. В. Анализ конструктивных решений и технического состояния мачт [Текст] / В. В. Губанов, И. В. Межинская // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2011. – Том 7, номер 2. – С. 225–235.
2. Соколов, А. Г. Опоры линий передач (расчет и конструирование) [Текст] / А. Г. Соколов. – М. : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 171 с.
3. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия [Текст] : СНиП 2.01.07-85\*. – Взамен главы СНиП II-6-74 ; введ. 1987-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
4. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 23. Стальные конструкции [Текст] : СНиП II-23-81\*. – [Действующий с 14 августа 1981 г.] – М. : Центральный институт типового проектирования, 1991. – 96 с.
5. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст] : ДБН В.1.2-2:2006. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с.

## References

1. Gubanov, V. V.; Mezhyńska, I. V. Analytical treatment of structural conceptions and engineering state of cellular communication guyed masts. In: *Modern Industrial and Civil Construction*, 2011, T. 7, No. 4, p. 225–235. (in Russian)
2. Sokolov, A. G. Communication lines supports (design and engineering). Moscow: National Publishing House on Civil Engineering, Architecture and Building Materials, 1961. 171 p. (in Russian)
3. SNiP 2.01.07-85\*. Building Norms and Regulations. Loads and actions. Moscow: FGUP TsPP, 2005. 44 p. (in Russian)
4. SNiP II-23-81\*. Construction rules and regulations. Part II. Design rates. Chapter 23. Steel structures. Moscow: Central Institution for Standardized Design, 1991. 96 p. (in Russian)
5. DBN B.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)
6. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine – Türme und Maste / Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. Berlin, 2010. 93 p.

6. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine – Türme und Maste [Текст] / Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. – Berlin, 2010. – 93 s.
7. Ruscheweyh, H. Dynamische Windwirkung an Bauwerken. Band 1 [Текст] / H. Ruscheweyh. – Berlin : Bauverlag GMBH, 2007. – 96 s.
8. Ruscheweyh, H. Dynamische Windwirkung an Bauwerken. Band 2 [Текст] / H. Ruscheweyh. – Berlin : Bauverlag GMBH, 2007. – 184 s.
9. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения [Текст] / Э. Симиу, Р. Сканлан ; [перевод с английского Б. Е. Маслова, А. В. Швецово́й]. – Москва : Стройиздат, 1984. – 358 с.
10. Clobes, M. Böenbeanspruchung von Industrieschornsteinen unter Berücksichtigung umgebender Industriebebauung [Текст] / M. Clobes, H. Aizpurua Aldasoro // Windeinwirkungen im Spiegel der europäischen Normung : am 10. und 11. November 2011 in Aachen / Hans Ruscheweyh (Hrsg.). – Aachen : Windtechnologische Ges., 2011. – S. 109–119.
11. WTG-Merkblatt über Windkanalversuche in der Gebäudebaudynamik: Stand 27.12.1994 [Текст] / Windtechnologische Gesellschaft WTG. e.V. Deutschland – Österreich – Schweiz. – Aachen, 1994. – 43 s.
12. Höbbel, T. D. Simulation der natürlichen Grenzschicht im Windkanal [Текст] : Studienarbeit / T. D. Höbbel. – Braunschweig : TU Braunschweig, 2009. – 202 s.
13. DIN 1055-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten [Текст]. – Berlin : Normenausschuss Bauwesen (NABau im DIN), 2005. – 101 s. – (Deutsche Norm).
7. Ruscheweyh, H. Dynamische Windwirkung an Bauwerken. Band 1. Berlin: Bauverlag GMBH, 2007. 96 s.
8. Ruscheweyh, H. Dynamische Windwirkung an Bauwerken. Band 2. Berlin: Bauverlag GMBH, 2007. 184 s.
9. Simiu, Emil; Scanlan, Robert H. Wind Loads On Buildings and Structures. Translated from English. B. E. Maslov (Ed.), A. V. Shvetsova. Moscow: Stroiizdat, 1984. 360 p. (in Russian)
10. Clobes, M.; Aizpurua Aldasoro, H. Böenbeanspruchung von Industrieschornsteinen unter Berücksichtigung umgebender Industriebebauung. In: *Windeinwirkungen im Spiegel der europäischen Normung: am 10. und 11. November 2011 in Aachen / Hans Ruscheweyh (Hrsg.)*. Aachen: Windtechnologische Ges., 2011, s. 109–119.
11. WTG-Merkblatt über Windkanalversuche in der Gebäudebaudynamik: Stand 27.12.1994 / Windtechnologische Gesellschaft WTG. e.V. Deutschland – Österreich – Schweiz. Aachen, 1994. 43 s.
12. Höbbel, T. D. Simulation der natürlichen Grenzschicht im Windkanal: Studienarbeit. Braunschweig: TU Braunschweig, 2009. 202 s.
13. DIN 1055-4: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten. Berlin: Normenausschuss Bauwesen (NABau im DIN), 2005. 101 s. (Deutsche Norm).

**Губанов Вадим Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Інституту Інженерів Будівельників (The Institution of Civil Engineers, Великобританія). Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування висотних споруд.

**Межинська Ірина Валеріївна** – аспірант кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування висотних споруд.

**Губанов Вадим Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Института Инженеров Строителей (The Institution of Civil Engineers, Великобритания). Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

**Межинская Ирина Валерьевна** – аспирант кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование высотных сооружений.

**Gubanov Vadim** – PhD (Eng.), Associate Professor; Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of The Institution of Civil Engineers, Great Britain. His research interests include the reliability of metal structures and design of high-rise special construction.

**Mezhynska Iryna** – assistant of the Metal Structures Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Her research interests include the reliability of metal structures and design of high-rise special construction.