

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ НА ВИСОТНІ БУДІВЛІ

¹Вінницький національний технічний університет²Одеська державна академія будівництва та архітектури

В статті досліджуються проблеми пов'язані з особливостями впливів повітряних потоків на висотні будівлі. Розкривається взаємозв'язок форми будівлі та її аеродинаміки. Досліджено вплив зміни форми забудови на аераційний режим. Вітровий вплив є основним негативним фактором, що впливає на висотні будівлі. Його вплив настільки великий, що лише конструктивними заходами щодо збільшення розмірів несучих елементів і класу бетону проблему не вирішити. Традиційно вважається, що при проектуванні об'єктів з авторською архітектурою, інженери та конструктори є другорядними фігурами, які тільки починають виконувати побажання архітектора. При проектуванні ж висотних будівель у ці «традиційні» взаємини вклинюється вітер, який навантажує будівлю такими величезними навантаженнями, що архітектор, конструктор, а також замовник співпрацюють разом, щоб дійти консенсусу. Як наслідок останні поверхи, на яких могли б розміститися шикарні пентхауси, відводяться під розміщення багатотонних маятників-демпферів. Відсоток корисних площ падає, оскільки технічні приміщення займають не звичні 1,5%, а всі 10%. А також форма будівлі потребує серйозних змін. Будівлі, в силу їх протяжності і висотності відносяться до категорії «погано обтічні об'єкти», як наслідок навколишнє середовище активно бореться з цією перешкодою, намагаючись будівлю зігнути, закрутити, перекинути, відірвати або втиснути панелі фасадів, і, до того ж — вплинути сонячною енергією. В даний час важливість врахування вітрових навантажень зростає внаслідок збільшення числа висотних споруд, що зводяться в густонаселених містах, та їх поверховості.

Ключові слова: Аерація, аеродинаміка, висотні будівлі, повітряний потік, територія.

Вступ

Вплив вітру на висотний будинок визначається рельєфом місцевості, наявністю будівель та споруд, а також об'ємно-просторовою структурою самої будівлі. При розрахунку враховуються такі показники, як швидкість, напрям і характер вітру. Причому, середня швидкість вітру, зазвичай, зростає з висотою.

Аеродинаміка висотних будівель має власну специфіку, тобто для них вплив зовнішніх кліматичних впливів та величини градієнтів переміщення потоків маси та енергії всередині будівлі є за своєю значимістю екстремальними.

Основна частина

Закордонний досвід вказує, що основним інструментом визначення поширення вітрового тиску на висотну будівлю та вплив зведеної будівлі на навколишню забудову є спеціальна аеродинамічна труба. В аеродинамічній трубі, залежно від поставлених завдань, перевіряються моделі різного масштабу, наприклад, М 1:1250, М 1:1500 або М 1:500, визначаються параметри тиску на будинок, вплив на довкілля, шум вітру та інші показники. Результати, отримані при випробуванні в аеродинамічній трубі, переносяться на реальний об'єкт із різними коефіцієнтами точності.

Вихорі, що виникають навколо будівлі, і турбулентність постійно змінюють характер навантаження, що призводить до розгойдування і тремтіння будівлі, що не тільки викликає інтенсивне зношування конструкцій, але і створює неприємні умови для людей, що знаходяться в будівлі [1].

Якщо розглянути висотну будівлю квадратну у плані, яка є вкрай незручною для обтікання повітря, існує чотири основних способи, які дозволяють поліпшити аеродинаміку такої вежі (рис. 1).

Розглянемо, які оригінальні рішення приймаються для боротьби з вітром на прикладі найцікавіших хмарочосів світу. Очевидно, що найкращий спосіб знизити вітрові навантаження на будинок – це надати йому форму, близьку до аеродинамічно досконалої, наприклад, як крапля, крило літака, овальна або кругла. В квадратній будівлі вітер з силою стикається з плоскою поверхнею, спрямовується вниз, збиваючи з ніг пішоходів, а також ударяється об кути будівлі, створюючи додаткову турбулентність і, як наслідок, мінливі навантаження на конструкції. Щоб зберегти прямокутну або квадратну форму будівель, яка є найзручнішою з погляду архітектурних планувань, архітектори готові пожертвувати кутами, дозволивши їх трохи «пом'якшити». Здавалося б, чого можна досягти при незначному заокругленні країв, але насправді різниця – колосальна.

Математичне моделювання показує, що ширина вітрового потоку з 20 метрів зменшилася майже до 10 метрів, а отже будівля протистоїть меншій потужності потоку. Розрахунок також демонструє, що вітрові навантаження на будівлю із закругленими кутами зменшуються майже втричі порівняно з гострою будівлею.

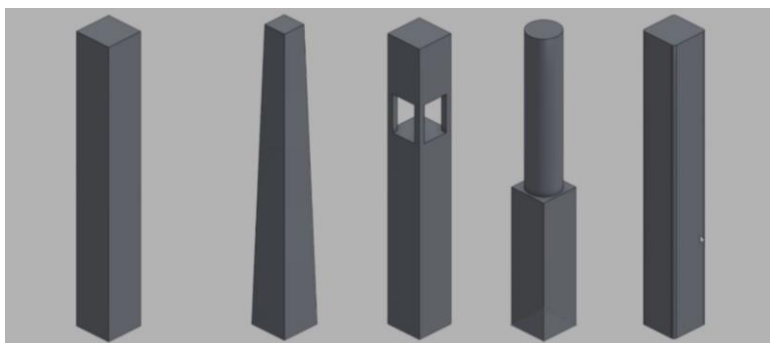


Рисунок 1 – Способи покращення аеродинаміки квадратної вежі: конусоподібність, «вирізи», зміна перерізу, округлення кутів

Важко зустріти хмарочос, який помітно розширюється до верхньої частини. Більшість хмарочосів звужуються в міру руху до вершини, роблячи це плавно або уступами, тим самим значно знижуючи «парусність» об'єкта та знижуючи інтенсивність виникнення вихорів. Прикладів таких об'єктів дуже багато – від будівель 100-річної давності до найсучасніших.

Ще одним способом зниження впливу сильних вітрів на висотні будинки є збільшення їх «пористості» або вітрової проникності – виконання прорізів, що дозволяють повітря організовано пройти крізь будівлю (рис. 2).

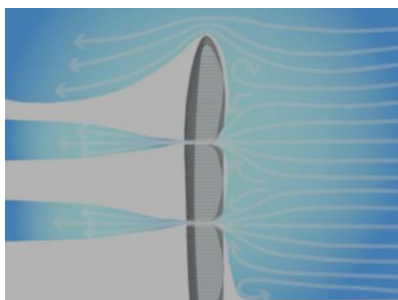


Рисунок 2 – Аеродинаміка будівлі з проемами

Особливо це актуально для тонких будівель, що відрізняються високим співвідношенням ширини та висоти. Скажімо, у вежі Парк Авеню 432 було ухвалено рішення не закривати фасадами шість технічних поверхів, щоб забезпечити вільний рух повітря через будівлю (рис. 3).

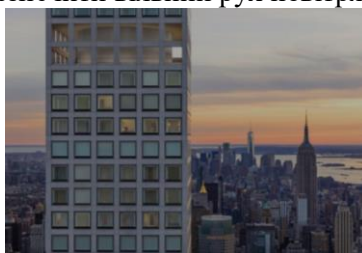


Рисунок 3 – 432 Парк Авеню – «вирізи» виконані у вигляді незакритих фасадами технічних поверхів

У деяких будинках в наданих організованих просторах розміщують вітрогенератори, для того щоб використати силу вітру для тримання електрики. Хоча помітного внеску в електропостачання будівлі «вітряки» не вносять, вони є яскравою демонстрацією бажання а використовувати «зелені технології».

Закручування. Це найскладніше, але гарне як з естетичного, так і з технічного погляду рішення проблеми вітрового впливу на хмарочоси. Як і в авіації, головний аеродинамічна особливість висотних будівель – зрив потоку повітря, при якому гладке обтікання об'єкта повітрям порушується і утворюються завихрення, при цьому різко зростає навантаження, з'являється пульсація, розгойдування та інші негативні ефекти [2].

Найяскравіший приклад використання цього методу – грандіозна Шанхайська Вежа висотою в 632 метри (друга будівля у світі після Бурж Халіфа) (рис. 4).



Рисунок 4 – Вежа Шанхая закручується по всій висоті, зводячи до мінімуму зрив потоку

В результаті аналізу, математичного моделювання і випробувань в аеродинамічній трубі інженери змогли надати таку форму будівлі, що плавно скручується, для того щоб з якого б боку потік повітря не стикався з вежею, він м'яко зісковзував з мінімально можливим утворенням вихорів. Як наслідок вітрові навантаження на будівлю знизилися на 24%.

В особливо складних випадках, коли іншими заходами досягти належного комфорту та безпеки будівлі не вдається, інженери вдаються до використання потужних демпферів. Їхній зміст досить простий – у верхній частині будівлі розміщують величезний, практично вільно підвішений вантаж, який розгойдується в протилежний бік від коливань будівлі. Якщо вершина хмарочоса під впливом вітру чи землетрусу відхиляється вліво, масивний маятник, відхиляється у зворотний бік, захоплюючи у себе вежу.

Взагалі, на відміну від звичайних, невисоких будівель, в яких конструктори зменшують товщину плит перекриття, а значить і вагу верхньої частини будівлі, у висотних будівлях стоїть протилежне завдання. У будинках, які не мають помітного звуження, навпаки намагаються збільшити вагу верхньої частини, для того щоб знизити схильність до коливань. Скажімо, у дуже тонкому будинку 432 Парк Авеню товщина перекриттів у верхній частині зростає до 450 мм порівняно з 250 мм перекриттями на нижніх поверхах. А на Башті Шанхаю неможливо було розмістити демпфер необхідної ваги, тому інженери посилили амортизаційний ефект за допомогою потужного електромагніту. Серед найбільш відмх висотних будівель, демпфери застосовуються в: 432 Парк Авеню (1300 тонн), Тайпей 101 (660 тонн), Шанхайська вежа (1000 тонн).

Питання аеродинаміки будівель завжди вважалися досить важливими, а в ряді випадків – визначальними для проектування вентиляції будівель та розрахунку повітряних потоків усередині будівлі, оцінки впливу будівлі на аеродинамічний режим прилеглої території, вибору огорожувальних конструкцій з необхідною повітропроникністю [3].

Висновки

Основними при розробці конструктивного рішення висотної будівлі є вибір конструктивної системи та матеріалу несучих конструкцій, поряд з рішенням окремих конструктивних елементів, що забезпечують комплексну безпеку експлуатації висотних будівель. Боротьба з вітром у висотних будинках є непростим завданням, що вимагає використання інноваційних рішень і точних розрахунків. Використовуючи різні методи, від обтічних форм до конструктивних елементів, таких як аутригери та демпфери, можна створити безпечні та комфортні поверхи для життя та роботи людей у висотних будівлях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривенко О.В., Цой О., Гавва І. Формоутворення висотних будівель при інтегруванні їх в систему забезпечення енергії вітру. Технічна естетика і дизайн. Київ: КНУБА, 2017. Вип. 13. С. 75-80.
2. Battle McCarthy Consulting Engineers. 1999. Wind Towers – Detail in Building Academy Editions. New York: John Wiley & Sons Ltd.
3. Кучеренко Л. В. Містобудівні методи захисту від шумового забруднення міст / Л. В. Кучеренко, В.С. Калініченко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2013. - № 1. - С. 103-107. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/284/282>

REFERENCES

1. Kryvenko O., Tsoi O., Gavva I. Forming of high-rise buildings during their integration into the wind energy supply system. Technical aesthetics and design. Kyiv: KNUBA, 2017. Vol. 13. pp. 75-80.
2. Battle McCarthy Consulting Engineers. 1999. Wind Towers – Detail in Building Academy Editions. New York: John Wiley & Sons Ltd.
3. L. Kucherenko Urban planning methods of protection against noise pollution of cities / L. Kucherenko, V. Kalinichenko // Modern technologies, materials and constructions in construction. - 2013. - No. 1. - P. 103-107. URL: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/284/282>

¹**Кучеренко Лілія Василівна** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: liliya13liliya13@gmail.com, ORCID ID 0000-0003-0348-3610.

²**Бабій Ігор Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури, email: igor7617@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8650-1751.

¹**Якименко Євгеній Павлович** – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: HimYakim@i.ua.

¹**L. Kucherenko**

²**I. Babii**

¹**E. Yakimenko**

FEATURES OF THE INFLUENCE OF AIR FLOWS ON HIGH-RISE BUILDINGS

¹Vinnitsia National Technical University

²Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

The article investigates problems related to the peculiarities of the effects of air flows on high-rise buildings. The relationship between the shape of the building and its aerodynamics is revealed. The impact of changing the shape of the building on the aeration regime is investigated. Wind impact is the main negative factor affecting high-rise buildings. Its influence is so great that only constructive measures to increase the size of load-bearing elements and the class of concrete will not solve the problem. Traditionally, it is believed that when designing objects with author's architecture, engineers and designers are secondary figures who only take the lead and fulfill any wishes and whims of the architect. When designing high-rise buildings, the wind interferes with these "traditional" relationships, placing such enormous loads on the building that the architect, designer, and customer sit down side by side and begin to communicate to reach a consensus. As a result, the top floors, which could accommodate luxury penthouses, are being used to house multi-ton pendulum dampers. The percentage of usable space is falling, as technical rooms occupy not the usual 1.5%, but all 10%. And even the shape of the building needs serious changes. Buildings, due to their length and angularity, belong to the category of "poorly streamlined objects", as a result, the environment actively fights this obstacle, trying to bend the building, twist it, overturn it, tear off or press in the facade panels, and, in addition, burn it with sunlight and create. Currently, the importance of considering wind loads is increasing due to the increase in the number of high-rise buildings being built in densely populated cities and their number of floors.

Key words: Aeration, aerodynamics, high-rise buildings, air flow, territory.

¹**Liliya Kucherenko** — PhD, Associate professor of the Department of Building, Urban and Architecture of the Vinnitsa National Technical University. email: liliya13liliya13@gmail.com, ORCID ID 0000-0003-0348-3610.

²**Ihor Babii** — PhD, Associate professor of the Department of Technology of Building Production of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: igor7617@gmail.com, ORCID ID 0000-0001-8650-1751.

¹**Eugene Yakimenko** — Postgraduate Department of Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: HimYakim@i.ua.