

ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ВИСОТНІ БУДИНКИ

студ. Парфеня Є.Р., гр. БЦІ-205

Науковий керівник к.ф.-м.н. доц. Писаренко О.М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Актуальність дослідження. В даний час втілення проектів з будівництва будівель та споруд складної форми, унікальних будівель, висотних будівель, тягне за собою необхідність детальної оцінки всієї сукупності природних умов, оцінки ризику складної технічної системи. Дані обставини диктують підвищені вимоги, як до технологій, використовуваним у будівництві унікальних будівель, будівель та споруд складних форм, висотних будівель; так і до обліку природних впливів, впливів всіх компонентів складної технічної системи [1].

Стан проблеми. Об'ємно – просторові рішення висотних будівель складаються із містобудівних ситуацій об'єктів проектування (локальних, групових та масових). Особливий вплив має знаходження об'єкта в історичній зоні забудови, що склалася. Також великий вплив на формоутворення та планувальні рішення об'єкта має форма ділянки будівництва (кутове, рядове або острівне). Важливе значення при формуванні об'ємно-планувального рішення будівлі мають кліматичні зони передбачуваного будівництва: архітектура фасадів по країнах світу, застосування геліотропного скління, влаштування вітрових генераторів відповідно до напрямку панівних вітрів.

Скарги людей, які проживають в різних країнах, які живуть навколо хмарочосів і в проблемних вітрових районах, змусили проектувальників у 2008 р. створити Інтернет-спільноту «VORTEX-Winds» (Віртуальна організація зі зниження негативного впливу ураганного вітру на суспільство), який розглядає проблеми та дає рекомендації щодо їх усунення та вирішення. Сьогодні ця спільнота включає вчених, архітекторів, інженерів з 25 країн. Вже до 2008 року було визначено наступний перелік форм фасадів хмарочосів, рекомендованих для будівництва в районах з підвищеним вітровим навантаженням, що не погіршують своєю появою мережевого природного стану (рис.1.):

- елементи фасаду будівлі з закругленими, «м'якими» кутами, голкоподібна форма будівлі (приклад Бурдж Халіфа в ОАЕ);
- виступи на будівлі (Тайбей 101 в Тайвані) зміна поперечного перерізу будівлі по висоті;

- наявність пор, наскрізних отворів або розсіювачів на фасаді.

Прикладом таких отворів є 492-метровий Шанхайський світовий фінансовий центр з отвором нагорі, який був розроблений для пропуску сильного вітрового потоку у верхній частині будівлі [2].

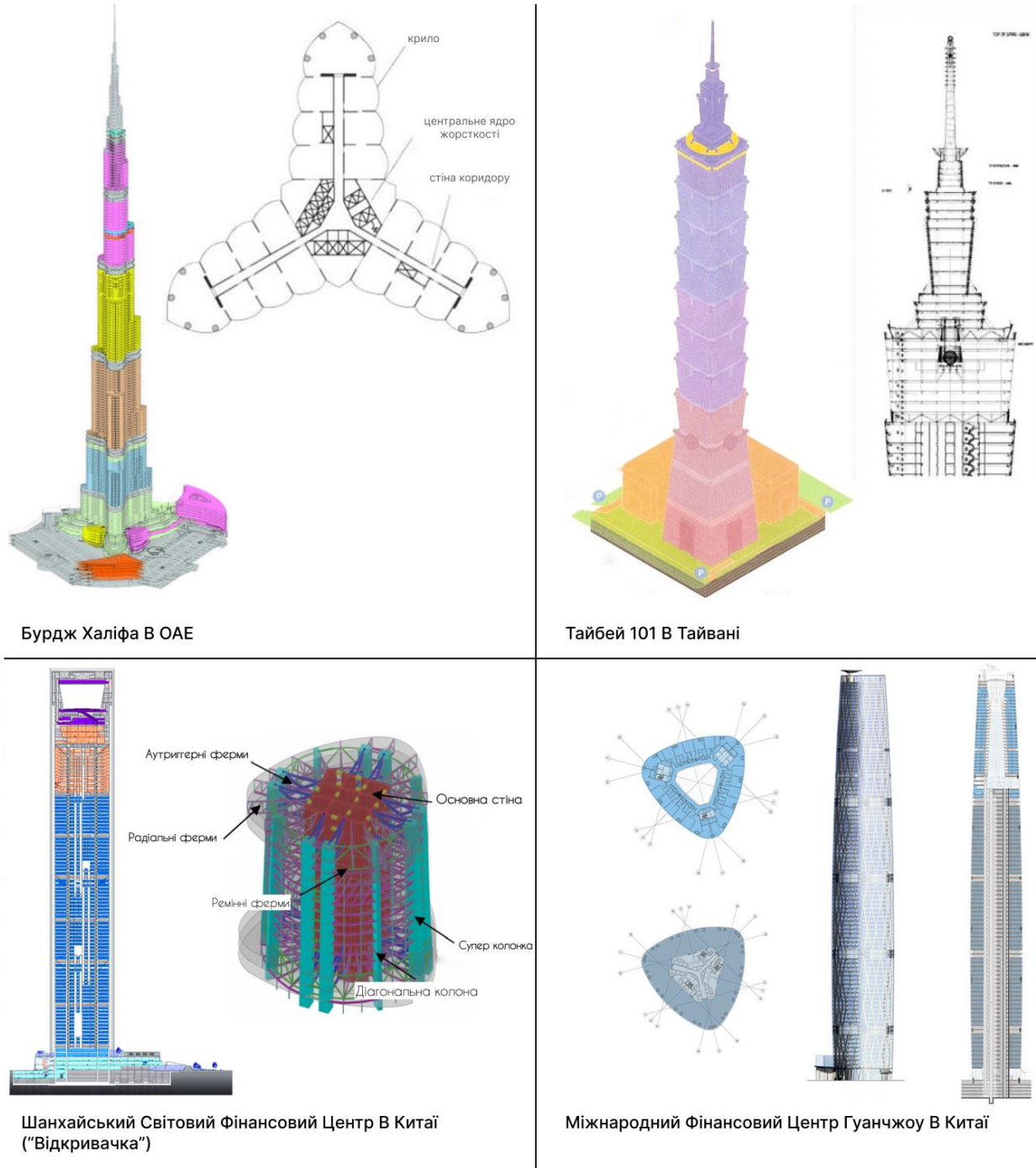


Рис.1. Форми висотних будівель, що «обманюють» вітер

Прикладом визначення вітрового навантаження методом чисельного моделювання є розрахунок вітрового тиску на висотні будівлі в універсальній програмній системі аналізу методом кінцевих елементів (ANSYS). Вченими Державної ключової лабораторії зменшення небезпеки лих у цивільному

будівництві Університету Тунцзі Китайської Народної Республіки спільно з вченими кафедри цивільного будівництва та охорони навколишнього середовища Університету Іллінойсу в Сполучених Штатах Америки проведено дослідження з розрахунку вітрового тиску на конструкції. Особливістю даного дослідження є застосування під час розрахунків метамоделі кригінгу, розробленої для використання розрахунку крихкості висотних будівель з трьома типами систем аутригерів. Оцінка крихкості висотних будівель з системами аутригерів дає кількісну оцінку ефективності систем аутригерів, що амортизують, у поліпшенні характеристик висотних будівель і зменшенні їх вразливості при вітровому навантаженні.

Система аутригерів дозволяє значно збільшувати висоту висотних будівель з допомогою поліпшення поперечної жорсткості. Загальними компонентами аутригера є: ядро/рама, виносні опори або без них амортизаторами і колони по периметру, які об'єднані у велику раму. У великій рамі взаємодія між периметральними колонами і виносними опорами (з демпферами або без них) створює корисний момент, що стримує, який розглядається як еквівалентна оберտальна жорсткість і еквівалентне демпфування, що діє на сердечник/раму. Це основний механізм дії системи аутригерів. Часто аутригерні поверхи роблять технічними, розташовуючи в них інженерне обладнання та комунікації або аварійне місце перебування людей під час пожежі [3]. Аутригери можуть бути одноповерховими і багатоповерховими, горизонтальними і діагональними, металевими і залізобетонними, суцільними і стрижневими системами, зі зв'язками і без них.

Конструкція аутригера для кожної будівлі проектується індивідуально і має такі функції: підвищення жорсткості вигину будівлі, протистояння прогресуючому обваленню в разі втрати міцності окремою конструкцією, стійкість до вітрових навантажень. Зазвичай вони влаштовуються через кілька поверхів.

Іншою конструкцією протистояння вітру є пасивний маятниковий демпфер. Це маятник з великою масою, який при сильних поривах вітру і розгойдуванні верхньої частини хмарочоса також починає набувати своїх коливань, але іншої частоти, які гасять коливання будівлі. У будівлі може бути один або кілька демпферів. Наприклад, у вежі Тайбеї 101 на 92 поверсі підвішений трос один 800-тонний пасивний маятниковий демпфер (рис.2). Якщо говорити про землетруси, то Тайбеї 101 здатний витримати землетрус силою 7 балів за шкалою Ріхтера та швидкість вітру понад 450 кілометрів на годину. Таке поглинання ударів досягається завдяки величезній сталевій та бетонній кулі, що підтримується сталевими тросами та вісьмома амортизаторами у верхній частині будівлі. Він розташований усередині будівлі, видимий для громадськості, з 88-го

по 92-й поверх, важить 680 тонн і служить механічною протизагою для пом'якшення вібрацій; Таким чином енергія поглинається, а коливання обмежуються. А в хмарочосі Бурдж аля Араб («Парус») в м. Дубаї ОАЕ рівномірно від основи до вершини будівлі по двох діагоналях розміщено десять резонансних амортизуючих 5-ти тонних вантажів.

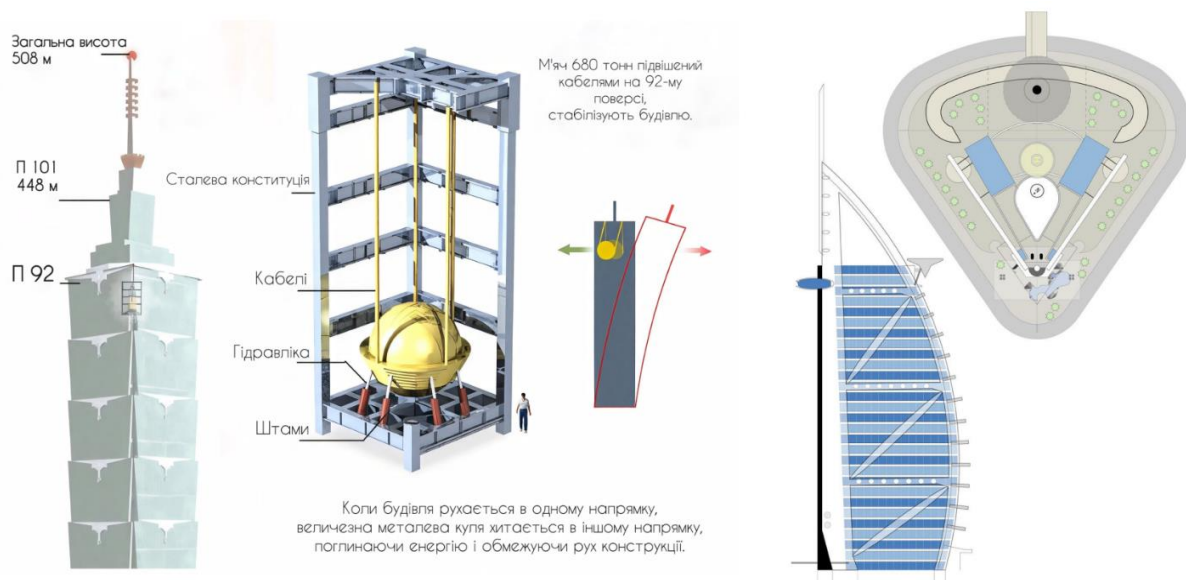


Рис. 2. Конструкція протистояння вітру з пасивний маятниковий демпфер (Тайбей 101 в Тайвані); конструкція з резонансних амортизуючих вантажів (Бурдж аля Араб («Парус») в м. Дубаї ОАЕ)

Наступним фактором захисту від вітру є правильний вибір огорожувальних конструкцій. Сьогодні це в основному прозорі фасадні системи з високоміцного скла на каркасі, які виконують огорожувальну, теплоізоляційну та сонцезахисну функцію. Раніше вважалося, що вікна можуть бути невентильованими, а для хорошого повітрообміну достатньо налагодженої системи кондиціонування. Але останнім часом на вимогу людей, розташованих у багатоповерхівках, які потребують припливу свіжого повітря в будівлі, вирішуються різні конструкторські завдання з природного провітрювання.

Мета роботи. Вітрове навантаження має вирішальне значення у проектуванні та безпеці будівель, впливаючи як на постійні конструкції, так і на тимчасові установки, такі як намети. Розуміння рейтингів вітрового навантаження допомагає оцінити здатність конструкції витримувати вітрові сили, які різняться залежно від розташування, конструкції та матеріалів. У цій статті проведено ранжування факторів, що впливають на вітрове навантаження висотних будівель, а також проаналізовано залежність кількісних факторів, що описують зміну вітрового навантаження з висотою будівель в Україні.

Отримані результати. Аналіз численних експериментальних та теоретичних досліджень дозволив визначити наступну групу параметрів і конструкцій висотних будівель, які при правильному проектуванні дозволяють значно знизити вітрове навантаження:

- вибір оптимальної форми хмарочоса;
- орієнтація будівлі відповідно до «троянди вітрів»;
- одиночне або групове розташування хмарочоса, що враховує зниження вітрового навантаження;
- пристрій аутригерів;
- установка пасивних маятникових демпферів;
- ефективне зовнішнє огороження.

Крім того, в якості додаткових факторів були розглянуті функціональні залежності зміни з висотою z коефіцієнта C_h висоти будівлі, що у нормативних документах України наведені в графічній формі (див. рис. 3), для наступних типів місцевості:

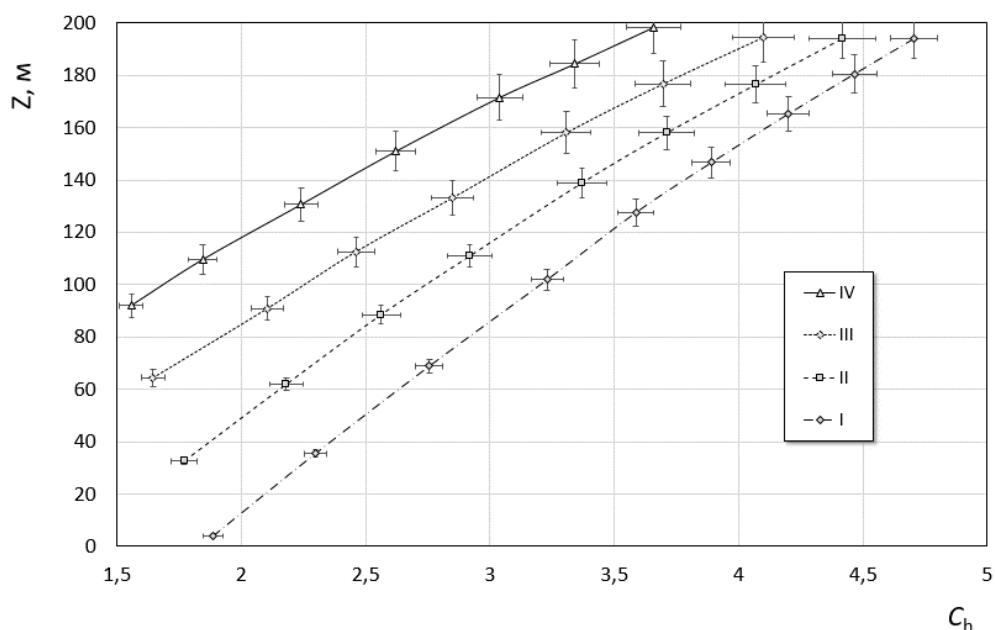


Рис. 3. Залежність висоти z від C_h :

- I - відкриті поверхні морів та озер, а також плоскі рівнини без перешкод, що піддаються дії вітру на ділянці завдовжки не менше ніж 3 км;
- II - сільська місцевість з огорожами (огорожами), невеликими спорудами, будинками та деревами;
- III - приміські та промислові зони, протяжні лісові масиви;
- IV - міські території, на яких принаймні 15% поверхні зайняті будинками, що мають середню висоту понад 15 м.

Тренди, що представлені нижче в поліноміальній формі, добре описують залежності I – IV (рис. 3):

$$\text{I: } z = 0,368C_h^6 - 6,2454C_h^5 + 41,74C_h^4 - 138,72C_h^3 + 232,78C_h^2 - 95,019C_h - 109,99;$$

$$\text{II: } z = 1,9198C_h^6 - 35,441C_h^5 + 267,86C_h^4 - 1060,1C_h^3 + 2310,4C_h^2 - 2552C_h + 1117,5;$$

$$\text{III: } z = 8,139C_h^6 - 142,48C_h^5 + 1021,7C_h^4 - 3838,4C_h^3 + 7955,7C_h^2 - 8554,9C_h + 3768,2;$$

$$\text{IV: } z = -0,0095C_h^6 + 6,0985C_h^5 - 78,601C_h^4 + 400,06C_h^3 - 1002,1C_h^2 + 1289,9C_h - 590,81.$$

Висновки. Визначено сукупність факторів, які можуть суттєво знизити вітрове навантаження на висотні будівлі. Отримано поліноміальні форми для зміни з висотою коефіцієнтів висоти споруд, розташованих у різних типах місцевості на території України.

Summary

Key factors that can significantly reduce wind load on high-rise buildings have been identified. Polynomial forms have been obtained for height coefficients of structures located in different types of terrain on the territory of Ukraine.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hou, L., Tan, Y., Luo, W., Xu, S., Mao, C., & Moon, S. (2022). Towards a more extensive application of off-site construction: a technological review. *International journal of construction management*, 22(11), 2154-2165.
2. Li, B., Yang, Q., Solari, G., & Wu, D. (2018). Investigation of wind load on 1,000 m-high super-tall buildings based on HFFB tests. *Structural Control and Health Monitoring*, 25(2), e2068.
3. Smith, R. J., & Willford, M. R. (2007). The damped outrigger concept for tall buildings. *The structural design of tall and special buildings*, 16(4), 501-517.