

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ВПЛИВІВ НА ВИСОТНІ БУДІВЛІ

У статті розкрито залежність зміни швидкості вітру від висоти та визначено значення швидкостей через кожні 50 м у теплий та холодний періоди року для прикордонного шару атмосфери. Також встановлено залежність між напрямком вітру, формою будівлі у плані та властивостями аеродинамічних коефіцієнтів. Побудовано графіки зміни середніх значень аеродинамічних коефіцієнтів на фасаді прямокутного у плані висотного будинку при різних співвідношеннях бічних сторін залежно від напрямку вітру.

Ключові слова: аеродинаміка, швидкість вітру, аеродинамічні коефіцієнти, напрямок вітру, завихрення, вітровий тиск.

Питання аеродинаміки будівель завжди вважалися досить важливими, а в ряді випадків – визначальними для проектування вентиляції будівель і розрахунку повітряних потоків усередині будівлі, оцінки впливу будівлі на аеродинамічний режим прилеглої території, вибору огорожувальних конструкцій з необхідною повітропроникністю. Крім того, всередині будівель можуть виникати сильні повітряні потоки, що вимагає спеціальних рішень: шлюзування входних дверей, сходових секцій, герметизації сміттєпроводів і т. д. Є ще низка питань, які пов'язані з аеродинамікою будівель, у тому числі розсіювання шкідливих речовин, розташування пішохідних доріжок, утворення снігових завалів та інші.

Аеродинаміка висотних будинків має свою специфіку, тому що для них дії зовнішніх кліматичних впливів і величини градієнтів переміщення потоків маси й енергії всередині будівлі є екстремальними за своєю значимістю.

Зміна швидкості вітру залежно від висоти.

Для оцінки зміни швидкості вітру по висоті використовуються різні моделі - спіраль Екмана, логарифмічний закон, степеневий закон. Ці моделі дозволяють оцінити швидкість вітру v на висоті h , якщо відома швидкість вітру v_0 на висоті h_0 . Наприклад, степеневий закон зміни швидкості вітру залежно від висоти має вигляд:

$$v_h = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^a, \quad (1)$$

де v_h – швидкість вітру, м/с, на висоті h , м;

v_0 – швидкість вітру, м/с, вимірювання на висоті h_0 , м (як правило, швидкість вітру вимірюють на висоті 10-15 м, і в цьому випадку $h_0 = 10-15$ м);

a – показник ступеня, який залежить від типу місцевості та визначається експериментально; рекомендується для центрів великих міст приймати $a = 0,33$.

У табл. 1 наведені значення швидкості вітру в умовах міського центру, розраховані за формулою (1), для теплого періоду року: параметри А і Б – $v_0 = 1$ м/с ; для холодного періоду року: параметр А – $v_0 = 4,7$ м/с, параметр Б – $v_0 = 4$ м/с.

Таблиця 1

Зміни швидкості вітру в залежності від висоти

Висота, м	Швидкість вітру, м/с		
	Теплий період	Холодний період	
	Параметри А і Б	Параметр А	Параметр Б
10	1,0	4,7	4,0
50	1,7	8,0	6,8
100	2,1	10,2	8,6
150	2,4	11,5	9,8
200	2,7	12,6	10,8
250	2,9	13,6	11,6
300	3,1	14,4	12,3
350	3,2	15,2	12,9
400	3,4	15,9	13,5
450	3,5	16,5	14,1
500	3,6	17,1	14,5
550	3,8	17,6	15,0
600	3,9	18,2	15,5

Разом з тим, часто відома швидкість вітру, виміряна на метеорологічній станції, яка розташовується, як правило, на відкритій місцевості. В умовах щільної міської забудови швидкість вітру на тій же висоті буде нижче. Швидкість вітру v на висоті h залежно від типу місцевості в моделі степеневого закону розраховується за формулою:

$$v_h = v_0 (\delta_0/h_0)^{\alpha_0} \times (h/\delta)^{\alpha}, \quad (2)$$

де v_h – швидкість вітру, м/с, на висоті h , м, на місцевості, тип якої характеризується показником степені a та товщиною прикордонного шару d ;

v_0 – швидкість вітру, м/с, виміряна на висоті h_0 , м, на місцевості, тип якої характеризується показником степені a_0 та товщиною прикордонного шару d_0 ;

a – показник степені, який залежить від типу місцевості та визначається експериментально;

d – товщиною прикордонного шару, м, для типу місцевості, який розглядається; приймаємо наступні значення a і d :

- для центрів великих міст $a = 0,33$, $d = 460$ м;
- для приміських територій $a = 0,22$, $d = 370$ м;
- для відкритої місцевості $a = 0,14$, $d = 270$ м.

a_0 , d_0 – показник степені та товщина прикордонного шару для місцевості, на якій зафіксована швидкість вітру v_0 ; як правило, швидкості вітру вимірюються на метеорологічних станціях, розміщених на відкритій місцевості на висоті 10-15 м, тоді $h_0 = 10-15$ м; $a_0 = 0,14$; $d_0 = 270$ м.

Під прикордонним шаром розуміється колоземний шар атмосфери, в якому поверхня землі надає гальмівного впливу на рушійну масу повітря. Зростання швидкості вітру відбувається у межах прикордонного шару, вище прикордонного шару (у вільній атмосфері) швидкість вітру постійна (градієнтна швидкість). Товщина прикордонного шару в загальному випадку залежить від стану атмосфери, типу місцевості, широти місцевості та сили вітру; у розглянутій вище методиці приймається інженерне допущення – товщина прикордонного шару залежить тільки від типу місцевості, тобто d є функцією тільки від аргументу a .

За формулою (2) були виконані розрахунки очікуваних швидкостей вітру для трьох типів місцевості – відкритого простору, передмістя та центру великого міста з щільною забудовою. Значення швидкостей вітру для відкритої місцевості, зафіксованих на висоті 10 м ($h_0 = 10$ м $a_0 = 0,14$, $d_0 = 270$ м), були прийняті рівними $v_0 = 1$ м/с, 5 м/с и 10 м/с. Результати розрахунків наведені на рис. 1.

Особливості зміни аеродинамічних коефіцієнтів при різних напрямках вітру. При вивченні аеродинаміки будівель під висотною будівлею

розуміється такий будинок, висота якого перевищує ширину підвітряного фасаду в три та більше разів. На рис. 2 наведені дані про розподіл аеродинамічних коефіцієнтів на фасади квадратного в плані висотного будинку при різних напрямках вітру.

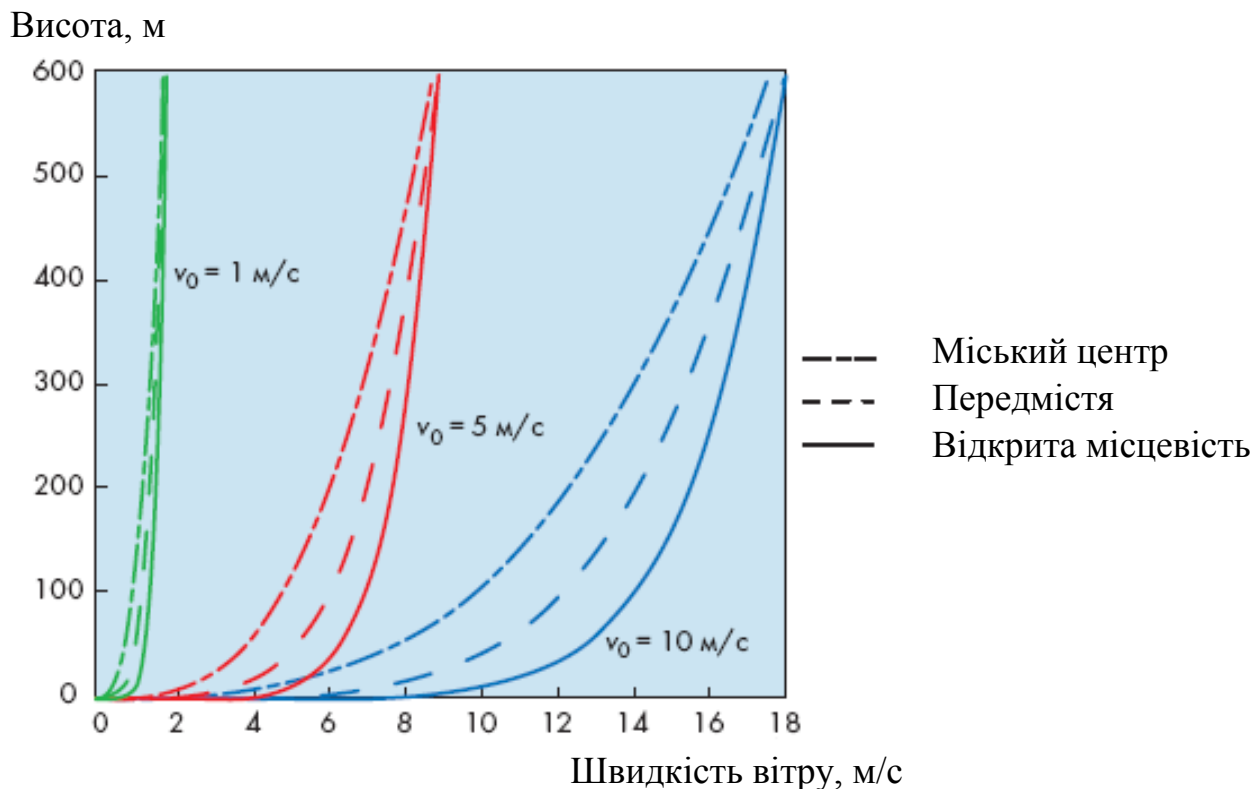


Рис. 1. Зміна швидкості вітру по висоті в залежності від типу місцевості

Розглядаючи значення аеродинамічних коефіцієнтів на фасаді квадратного в плані висотного будинку при різних напрямках вітру, можемо бачити, що, якщо напрямок вітру перпендикулярний фасаду будівлі (рис. 2а), аеродинамічні коефіцієнти на цьому фасаді позитивні та їх значення зменшуються у напрямку до бічних фасадів будівлі та за напрямком до верхньої частини аналізованого фасаду. На збільшення значень аеродинамічних коефіцієнтів у верхній частині фасаду висотного будинку також впливає підвищення швидкості вітру зі збільшенням висоти. Якщо напрямок вітру відхиляється від нормалі до фасаду, область максимального тиску зміщується до навітряного кута будівлі (рис. 2б-в). При відхиленні напрямку вітру від нормалі на кут 45° показники тиску стають негативними у віддаленому (по відношенню до напрямку вітру) кутку фасаду (рис. 2г). Якщо кут відхилення напрямку вітру від нормалі лежить у межах $60-75^\circ$, тиски негативні за всім фасадом (рис. 2д-е). Максимальні негативні тиски спостерігаються в областях, розташованих на бічних (по відношенню до

напрямку вітру) фасадах у навітряних кутах (рис. 2ж), причому на бічних фасадах розподіл тисків істотно змінюється залежно від відносних розмірів даних фасадів (відношення висоти та ширини). Для завітрених фасадів (напрямок вітру складає з нормаллю кут більше 100°) значення тисків у різних областях міняються не настільки істотно (рис. 2 з-н).

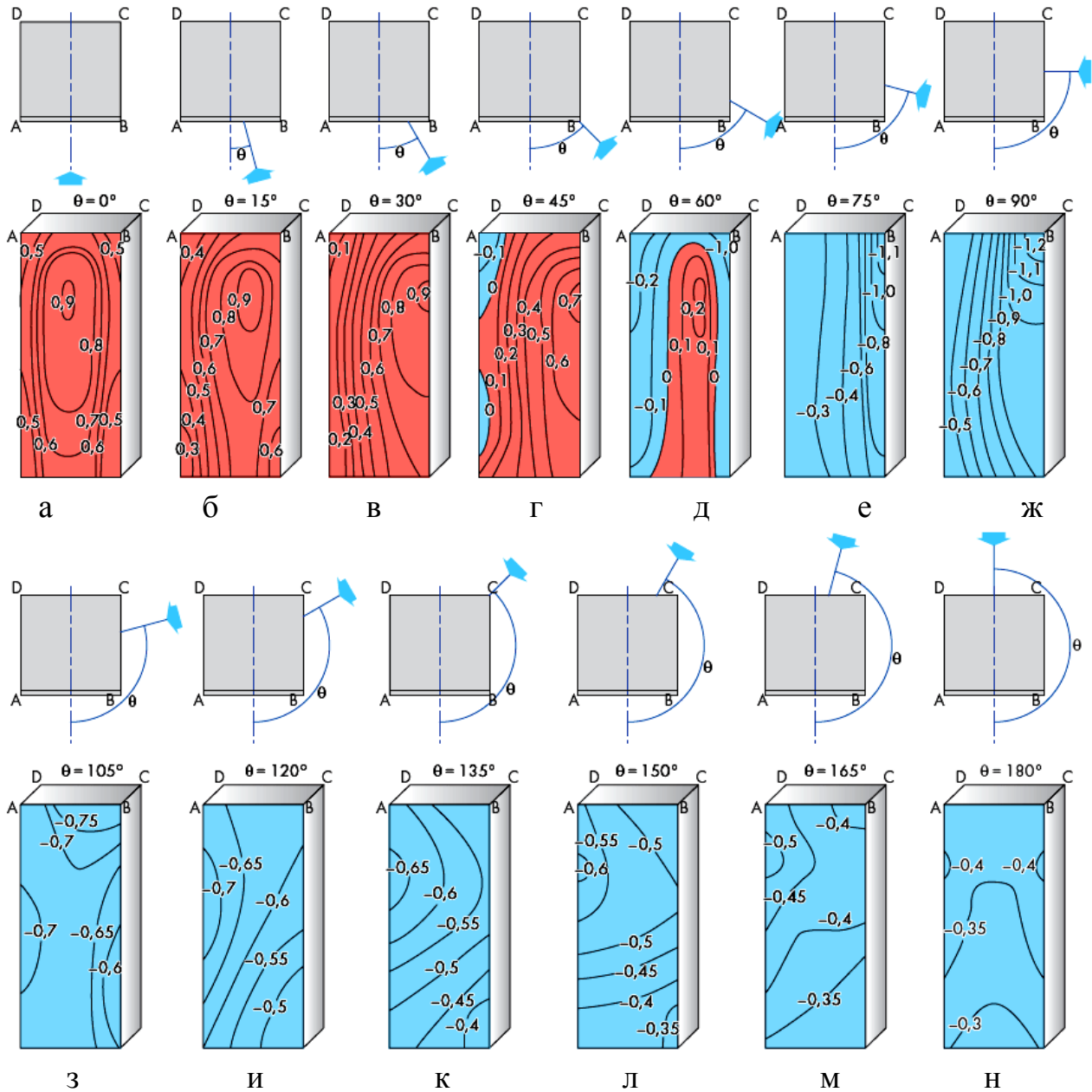
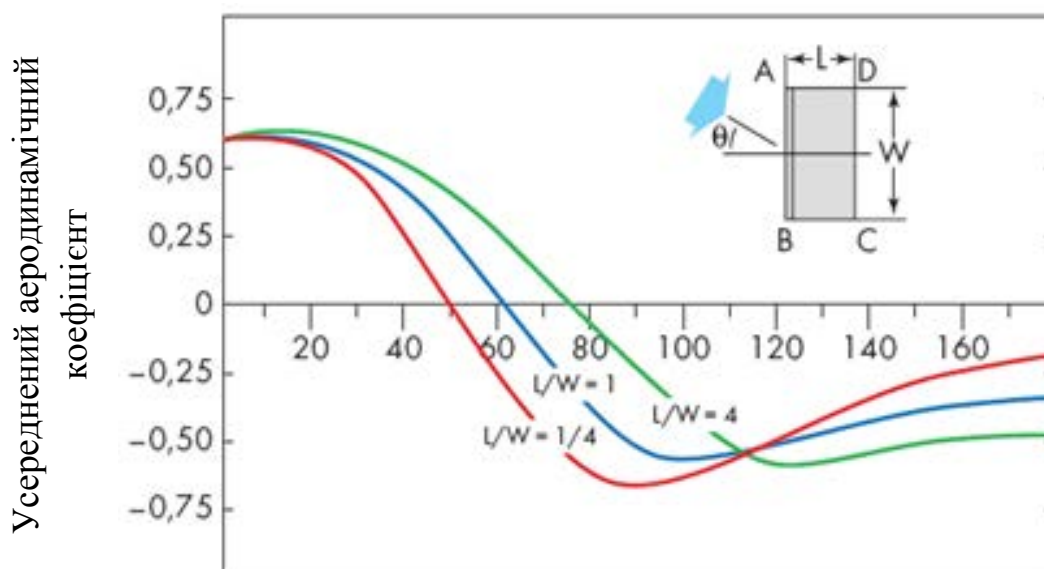


Рис. 2. Значення аеродинамічних коефіцієнтів на фасаді квадратного в плані висотного будинку при різних напрямках вітру

Таким чином, якщо фасад розташований під кутом від 0° до 60° щодо напрямку вітру, то середній тиск на фасаді буде позитивний; якщо цей кут складає 60° - 180° , то середній тиск негативний. На рис. 3 наведені графіки

зміни середніх значень аеродинамічних коефіцієнтів на фасаді прямокутного в плані, висотного будинку при різних співвідношеннях бічних сторін залежно від напрямку вітру.



Кут напрямку вітру θ ,

Кут напрямку вітру θ , град.

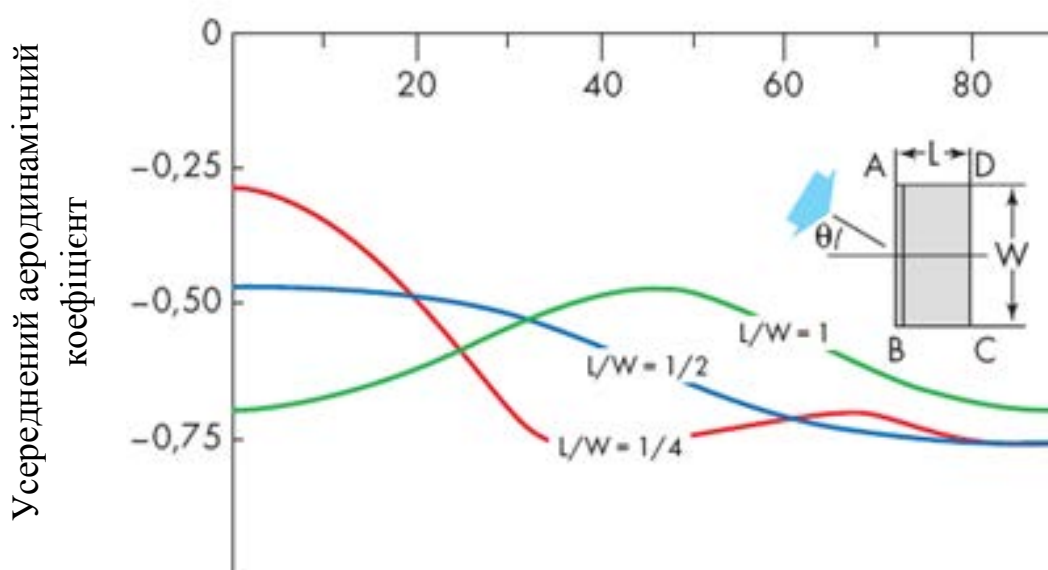


Рис. 3, 4. Графіки зміни середніх значень аеродинамічних коефіцієнтів на фасаді прямокутного в плані висотного будинку при різних співвідношеннях бічних сторін залежно від напрямку вітру.

Графіки зміни середніх значень аеродинамічних коефіцієнтів на покритті прямокутної у плані висотної будівлі (у разі, якщо покриття плоске або його ухил досить малий) при різних співвідношеннях бічних сторін,

залежно від напрямку вітру наведено на рис. 4. Слід зазначити, що, якщо напрямок вітру складає з фасадом будівлі кут близько 45° , у навітряних краях покриття виникають сильні завихрення. Високі швидкості повітряного потоку в цих завихреннях обумовлюють досить сильне розрідження (негативний тиск) у краях покриття, що, наприклад, у разі сильних вітрів може бути небезпечно для інженерного устаткування, розташованого в цій зоні.

Аннотація

В статті раскрыта зависимость изменения скорости ветра от высоты и определены значения скоростей через каждые 50 м в теплый и холодный периоды года, для пограничного слоя атмосферы. Также установлена зависимость между направлением ветра, формой здания в плане и свойствами аэродинамических коэффициентов. Построены графики изменения средних значений аэродинамических коэффициентов на фасаде прямоугольного в плане высотного здания при различных соотношениях боковых сторон в зависимости от направления ветра.

Ключевые слова: аэродинамика, скорость ветра, аэродинамические коэффициенты, направление ветра, завихрения, ветровое давление.

Annotation

The article disclosed, such aspects as: the variation of wind speed to the height, and determination of the velocities values through every 50 meters in warm and cold periods of the year, for the atmospheric boundary layer. Also, designated the dependence between the wind direction, the shape of the building in plan and properties of aerodynamic coefficients. Construct the graphs of average values of aerodynamic coefficients on the facade of the rectangular in plan multistory building at different ratios of the sides depending on wind direction. The studies developed technique allows to form the territory of building a tall building based on its aerodynamic characteristics. This provides favorable conditions of human life as in the surface area of buildings and inside the skyscraper. Also developed a method for determining the aerodynamic coefficients on the windward surface of the high-rise building, taking into account the relative height of the calculated points and the type of environmental settings and identified the deformation parameters of air flow around a tall building.

Key words: aerodynamics, wind speed, aerodynamic coefficients, wind direction, whirligig, wind pressure.