

XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG THEO EN 1991-1-4 VÀ SO SÁNH VỚI TCVN 2737:1995

Đinh Văn Thuật^{a,*}, Trần Quốc Toàn^b

^a*Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

^b*Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng,
19 Nguyễn Hữu Thọ, Quận 7, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Nhận ngày 03/12/2022, Sửa xong 11/12/2022, Chấp nhận đăng 11/12/2022

Tóm tắt

Bài báo trình bày các bước xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo EN 1991-1-4, bao gồm việc xác định vận tốc gió cơ sở; áp lực gió cơ bản; các hệ số về địa hình, nhám và độ dốc mặt đất; xác định áp lực gió lớn nhất; hệ số áp lực ngoài và hệ số áp lực trong trên mặt đứng và mặt mái nhà. Ngoài ra, một số quy định khác nhau giữa hai tiêu chuẩn cũng được trình bày và minh họa qua ví dụ tính toán khảo sát. So với TCVN 2737:1995, EN 1991-1-4 có xét đến nhiều hơn các tình huống về áp lực gió có thể tác dụng lên mặt ngoài và mặt trong nhà, đồng thời có phân chia nhiều hơn các vùng áp lực gió khác nhau trên mặt đứng và mặt mái nhà. Kết quả so sánh cho thấy EN 1991-1-4 cho kết quả tính hệ số áp lực gió khác nhau khá nhiều so với tính theo TCVN 2737:1995.

Từ khóa: EN 1991-1-4; hệ số áp lực gió; vùng áp lực gió; vận tốc gió; tải trọng gió; nhà công nghiệp một tầng.

DETERMINATION OF WIND FORCES ACTING ON SINGLE-STOREY INDUSTRIAL BUILDINGS ACCORDING TO EN 1991-1-4 AND COMPARISON WITH TCVN 2737:1995

Abstract

The paper presents the steps to determine the wind forces acting on single-storey industrial buildings according to EN 1991-1-4, including determination of basic wind velocity; basic velocity pressure; factors of terrain, roughness, orography and turbulence; peak velocity pressure; external and internal pressure coefficients on the vertical walls and roof surfaces. In addition, a number of different provisions between the two standards are also presented and illustrated through an example of investigation. Compared with TCVN 2737:1995, EN 1991-1-4 takes into account more situations where wind pressures can act on the exterior and interior surfaces and it has more division of different wind pressure zones on the vertical walls and roof surfaces. The comparison results show that EN 1991-1-4 gives a much different calculation of wind pressure than that calculated according to TCVN 2737:1995.

Keywords: EN 1991-1-4; wind pressure coefficients; wind pressure zone; wind velocity; wind force; single-storey industrial buildings.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17\(3V\)-08](https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17(3V)-08) © 2023 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu

EN 1991-1-4 [1] là một trong 58 phần thuộc bộ 10 tiêu chuẩn châu Âu (từ EN 1990 đến EN 1999) được ban hành bởi Ủy ban tiêu chuẩn châu Âu (CEN) nhằm đưa ra những quy định để xác định tải trọng gió tác dụng lên kết cấu công trình. Cũng giống như các phần khác, EN 1991-1-4 được xác lập để trở thành tiêu chuẩn cho mỗi quốc gia thành viên của Liên minh châu Âu từ cuối tháng 10 năm 2005, có thể được sử dụng bằng cách tiến hành dịch thuật và bổ sung thêm những phụ lục quốc gia cần thiết phù hợp với điều kiện tự nhiên và xã hội của quốc gia. Sau các lần chỉnh sửa, từ tháng 3 năm

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: thuatdv@huce.edu.vn (Thuật, Đ. V.)

2010 tiêu chuẩn này được quy định là bắt buộc cho các công trình công cộng ở Châu Âu và là tiêu chuẩn lựa chọn cho khu vực tư nhân. Điều đó có nghĩa là nhiều quốc gia đã đồng thời duy trì việc sử dụng cả hệ thống tiêu chuẩn quốc gia và tiêu chuẩn châu Âu. Việt Nam hiện đang nghiên cứu theo cách biên dịch và bổ sung phụ lục quốc gia để áp dụng cho các công trình xây dựng ở Việt Nam.

EN 1991-1-4 có một số quy định, khái niệm khác biệt so với tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, TCVN 2737:1995 [2] được biên soạn dựa theo tiêu chuẩn SNI của Nga [3]. Tiêu chuẩn châu Âu nói chung và EN 1991-1-4 nói riêng được biên soạn nhằm cung cấp một bộ khung quy định cho các quốc gia thành viên thuộc Liên minh châu Âu cũng như những quốc gia khác có mong muốn sử dụng; cụ thể là EN 1991-1-4 đưa ra các quy định về tất cả các khía cạnh tác động của tải trọng gió cần được xem xét trong quá trình tính toán thiết kế kết cấu công trình xây dựng. Với ý nghĩa như vậy, các thông số kỹ thuật riêng của mỗi quốc gia có thể cần được xem xét đưa vào trong tiêu chuẩn để tạo ra những sản phẩm xây dựng có tính hài hoà, với những đặc tính kỹ thuật chung, từ đó loại bỏ được những rào cản kỹ thuật giữa các quốc gia sử dụng tiêu chuẩn này. Bên cạnh những ưu điểm, việc quy định một bộ khung chung như vậy có thể dẫn đến cấu trúc của tiêu chuẩn trở nên khá cồng kềnh, đặc biệt đối với những quốc gia ở ngoài Liên minh châu Âu như Việt Nam có thể sẽ gặp khó khăn khi áp dụng trong những điều kiện tự nhiên rất khác biệt.

Các nghiên cứu đều coi tác dụng của gió lên bề mặt công trình được biểu diễn bằng áp lực gió, phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và các đặc trưng động lực của công trình cũng như phụ thuộc vào mùa gió, chiều cao tham chiếu, độ nhám bề mặt địa hình và độ dốc mặt đất [4–8]. Áp lực gió lớn nhất được xác định từ vận tốc gió trung bình cộng với phần biến động vượt quá giá trị trung bình trong khoảng thời gian ngắn theo quy định. Áp lực gió lớn nhất là áp lực gió được sử dụng trong tính toán ứng xử của kết cấu công trình. Trong EN 1991-1-4, vận tốc gió cơ sở được quy định là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 10 phút, tương ứng với chu kỳ lặp 50 năm (xác suất vượt quá trong năm là 2%), tại cao trình 10 m so với mặt nền và ở địa hình vùng nông thôn trống trải (địa hình loại II) [1]. Trong TCVN 2737:1995, vận tốc gió cơ bản được quy định là vận tốc gió trung bình trong khoảng thời gian 3 giây, tương ứng với chu kỳ lặp 20 năm, tại cao trình 10 m so với mốc chuẩn và ở địa hình loại B; địa hình tương đối trống trải [2]. Trong QCVN 02:2022/BXD [9] đã quy định các hệ số để chuyển đổi giữa các trường hợp vận tốc gió ứng với khoảng thời gian, chu kỳ lặp và loại địa hình khác nhau.

Ngoài ra, việc phân chia các vùng áp lực gió trên bề mặt nhà theo hai tiêu chuẩn cũng khác nhau. EN 1991-1-4 có quy định về hệ số áp lực ngoài và hệ số áp lực trong. Áp lực gió thiết kế được xác định với giả thiết các cửa đi và cửa sổ được đóng kín trong thời gian gió bão thiết kế lớn nhất xuất hiện. Trường hợp cửa đi mở và cửa sổ mở được sử dụng để xác định áp lực gió trong tình huống thiết kế chịu tác động sự cố [10]. Do vậy, có thể nói rằng việc áp dụng EN 1991-1-4 trong thực hành tính toán hiện nay vẫn còn gặp một số khó khăn.

Trong bài báo này, các bước xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo EN 1991-1-4 được trình bày, bao gồm việc xác định vận tốc gió cơ bản; áp lực gió cơ bản; các hệ số về địa hình, nhám và độ dốc mặt đất; xác định áp lực gió lớn nhất; các hệ số áp lực ngoài và áp lực trong trên mặt đứng và mặt mái nhà; xác định tải trọng gió. Ngoài ra, một số quy định khác nhau giữa hai tiêu chuẩn cũng được trình bày và được minh hoạ cụ thể qua ví dụ tính toán khảo sát [11, 12].

2. Xác định tải trọng gió lên nhà công nghiệp một tầng theo EN 1991-1-4

2.1. Xác định áp lực gió lớn nhất

a. Xác định vận tốc gió cơ sở $v_{b,0}$

Vận tốc gió cơ sở (hoặc có thể gọi là vận tốc gió tham chiếu) vẫn chưa xét đến hướng gió và thời gian xuất hiện trong năm. Giá trị của vận tốc gió cơ sở cần được quy định trong Phụ lục quốc gia [9].

Trong trường hợp giá trị vận tốc gió cơ sở được xác định tương ứng với khoảng thời gian, chu kỳ lặp và loại địa hình mà khác với quy định trong EN 1991-1-4 thì cần có sự chuyển đổi tương ứng [4, 9].

b. Xác định vận tốc gió cơ bản v_b (phụ lục A.1 của [1])

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} \quad (1)$$

trong đó c_{dir} là hệ số hướng gió và c_{season} là hệ số mùa gió. Giá trị của c_{dir} và c_{season} cần được quy định trong Phụ lục quốc gia. Giá trị kiến nghị bằng 1,0 cho cả hai hệ số này khi chưa có quy định.

c. Xác định áp lực gió cơ bản q_b (mục 4.5(1) của [1])

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad (2)$$

trong đó ρ là mật độ không khí cần được quy định trong Phụ lục quốc gia. Giá trị kiến nghị bằng 1,25 kg/m³ khi chưa có quy định.

d. Xác định hệ số địa hình k_r (mục 4.3.2(1) của [1])

$$k_r = 0,19(z_0/z_{0,II})^{0,07} \quad (3)$$

trong đó z_0 là chiều cao nhám tương ứng với loại địa hình khảo sát và $z_{0,II}$ là chiều cao nhám tương ứng với loại địa hình loại II, $z_{0,II} = 0,05$ m như ở Bảng 1 (Bảng 4.1 của [1]).

Bảng 1. Loại địa hình và các thông số chiều cao

Loại địa hình	Mô tả	z_0 (m)	z_{min} (m)
0	Vùng biển, bờ biển thoáng hướng ra biển	0,003	1,0
I	Vùng hồ hoặc cây trồng nhưng không tạo thành vật cản	0,01	1,0
II	Vùng có cây trồng với chiều cao thấp như cây cỏ và các vật cản riêng lẻ (bụi cây, nhà ở nông thôn) với khoảng cách tối thiểu bằng 20 lần chiều cao vật cản	0,05	2,0
III	Vùng có cây trồng, nhà hoặc các vật cản riêng lẻ với khoảng cách tối đa bằng 20 lần chiều cao vật cản (vùng nông thôn, ngoại ô, rừng lâu năm)	0,3	5,0
IV	Vùng có ít nhất 15% diện tích bề mặt được bao phủ bởi các công trình và chiều cao trung bình của chúng vượt quá 15 m	1,0	10,0

e. Xác định hệ số nhám $c_r(z)$ (mục 4.3.2(1) của [1])

$$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0) \text{ đối với } z_{min,III} \leq z \leq z_{max} \quad (4)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \text{ đối với } z \leq z_{min} \quad (5)$$

trong đó z là chiều cao tham chiếu (Hình 7.4 của [1]), z_{min} là chiều cao phụ thuộc vào loại địa hình (Bảng 4.1 của [1]) và $z_{max} = 200$ m (mục 4.3.2(1) của [1]).

f. Hệ số độ dốc mặt đất $c_0(z)$ (mục 4.3.3(1) của [1])

Hệ số độ dốc mặt đất được xác định từ ảnh hưởng của hình dạng địa hình của vùng lân cận đối với công trình xây dựng. Ảnh hưởng của độ dốc mặt đất có thể được bỏ qua khi độ dốc nhỏ hơn 3 độ. Trong trường hợp này coi hệ số độ dốc mặt đất $c_0(z) = 1,0$. Đối với trường hợp vùng đồi và vách đá, hệ số độ dốc mặt đất được xác định theo Phụ lục A.3 của [1]. Hệ số độ dốc mặt đất cần được quy định trong Phụ lục quốc gia.

g. Hệ số rối k_1 (mục 4.4(1) của [1])

Hệ số rối cần được quy định trong Phụ lục quốc gia. Giá trị kiến nghị khi chưa có quy định $k_1 = 1,0$.

h. Áp lực gió lớn nhất $q_p(z)$ (mục 4.5(1) của [1])

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) \quad (6)$$

trong đó $I_v(z)$ là mật độ rối để cho phép xem xét đến phản biến động vượt quá giá trị trung bình trong khoảng thời gian ngắn,

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \ln(z/z_0)} \text{ đối với } z_{\min,III} \leq z \leq z_{\max} \quad (7)$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \text{ đối với } z \leq z_{\min} \quad (8)$$

$v_m(z)$ là vận tốc gió trung bình ở cao trình z tính từ mặt nền,

$$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b \quad (9)$$

Đối với nhà một tầng, như trường hợp nhà công nghiệp một tầng bằng thép, việc xác định vận tốc gió trung bình là không cần thiết. Do vậy, áp lực gió lớn nhất có thể được xác định trực tiếp như sau (mục 4.5(1) của [1]):

$$q_p(z) = c_e(z) q_b \quad (10)$$

trong đó $c_e(z)$ là hệ số thoáng,

$$c_e(z) = \left[1 + \frac{7k_1 k_r}{c_0(z) c_r(z)} \right] c_0^2(z) c_r^2(z) \quad (11)$$

Đối với địa hình bằng phẳng có $c_0(z) = 1,0$ và hệ số rối $k_1 = 1,0$, hệ số thoáng $c_e(z)$ có thể được xác định trực tiếp là hàm của chiều cao z tính từ mặt nền và loại địa hình (Hình 4.2 của [1]).

2.2. Xác định tải trọng gió

Tải trọng gió được xác định từ áp lực gió tác dụng trên các bề mặt của nhà. Áp lực gió tác dụng vuông góc với bề mặt nhà và nó được quy định có dấu dương (> 0) khi hướng vào bề mặt nhà và có dấu âm (< 0) khi hướng ra khỏi bề mặt nhà.

Tải trọng gió tác dụng lên kết cấu hoặc cấu kiện được xác định như sau (mục 5.3(2) của [1]):

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z_e) A_{ref} \quad (12)$$

trong đó $c_s c_d$ là hệ số kết cấu, được lấy bằng 1,0 đối với nhà có chiều cao thấp hơn 15 m; c_f là hệ số lực đối với kết cấu hoặc cấu kiện; A_{ref} là diện tích chịu áp lực gió của kết cấu hoặc cấu kiện khi chiếu lên mặt đứng vuông góc với hướng gió.

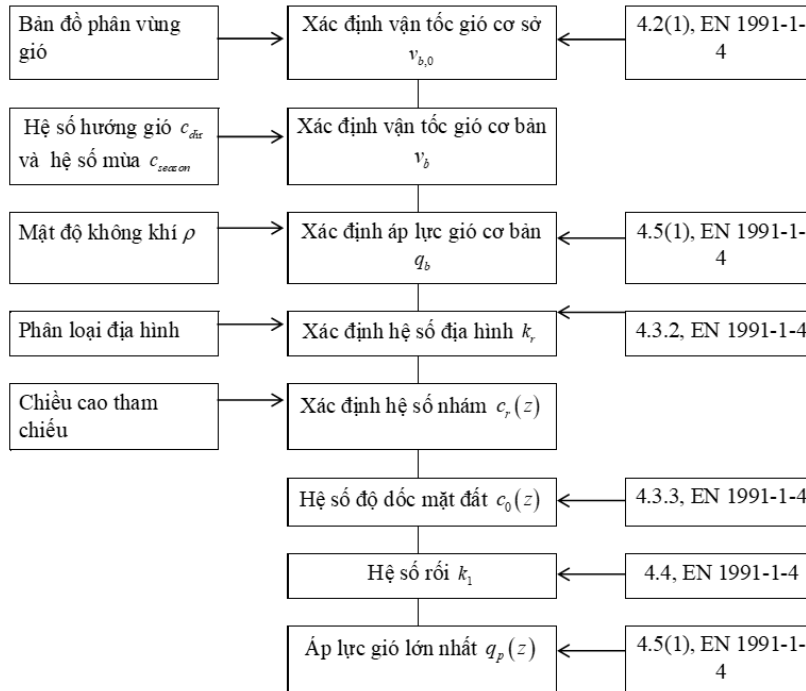
Tải trọng gió tác dụng lên kết cấu hoặc cấu kiện có thể được xác định gồm ba thành phần như sau (mục 5.3(3) của [1]):

$$F_w = F_{w,e} - F_{w,i} + F_{fr} \quad (13)$$

- Thành phần tải trọng gió tác dụng lên mặt ngoài nhà được xác định như sau (mục 5.3(3) của [1]):

$$F_{w,e} = c_s c_d \sum w_e A_{ref} \quad (14)$$

$$w_e = q_p(z_e) c_{pe} \quad (15)$$



Hình 1. Sơ đồ xác định áp lực gió lớn nhất $q_p(z)$

trong đó w_e là áp lực gió ngoài (tác dụng lên mặt ngoài nhà) (mục 5.2(1) của [1]); z_e là chiều cao tính áp lực gió ngoài, thường bằng chiều cao của kết cấu; $q_p(z_e)$ là áp lực gió lớn nhất ở chiều cao z_e ; Σ là tổng các bề mặt nhà hoặc cấu kiện chịu áp lực gió ngoài; và c_{pe} là hệ số áp lực gió ngoài. Giá trị của z_e phụ thuộc vào tỷ số h/b trong đó h là chiều cao của nhà và b là kích thước ngang nhà ở mặt đón gió mà vuông góc với hướng gió thổi.

- Thành phần tải trọng gió tác dụng lên mặt trong nhà được xác định như sau (mục 5.3(3) của [1]):

$$F_{w,i} = \sum w_i A_{ref} \quad (16)$$

$$w_i = q_p(z_i) c_{pi} \quad (17)$$

trong đó w_i là áp lực gió trong (tác dụng lên mặt trong nhà) (mục 5.2(2) của [1]); z_i là chiều cao tính áp lực gió trong, thông thường có $z_i = z_e$; $q_p(z_i)$ là áp lực gió lớn nhất ở chiều cao z_i , thông thường có $q_p(z_i) = q_p(z_e)$ và c_{pi} là hệ số áp lực trong.

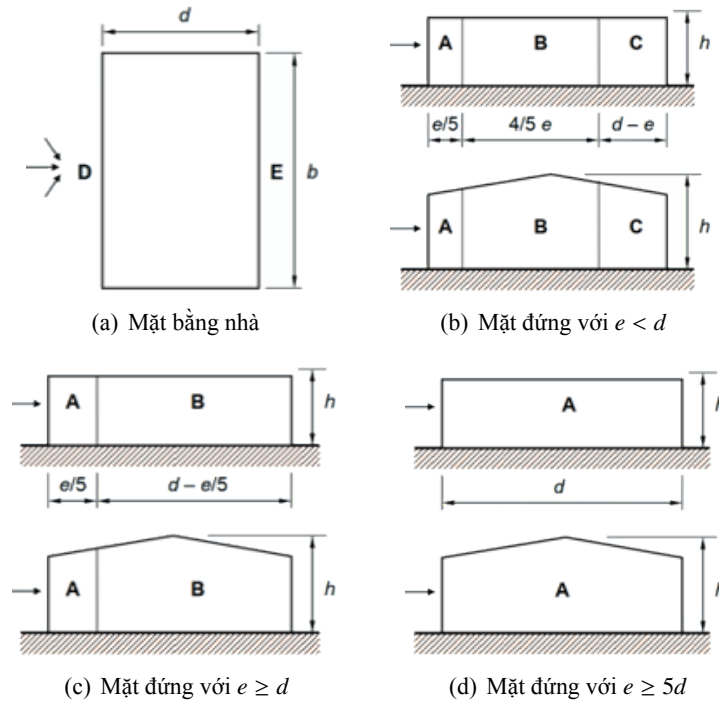
- Thành phần tải trọng gió ma sát tác dụng lên mặt ngoài nhà có chiều cùng với chiều gió thổi được xác định như sau (mục 5.3(3) của [1]):

$$F_{fr} = c_{fr} q_p(z_e) A_{fr} \quad (18)$$

trong đó c_{fr} là hệ số ma sát, phụ thuộc vào mức độ nhám của mặt ngoài nhà được lấy bằng 0,01 cho bề mặt nhẵn (thép, bê tông, tường xây,...), 0,02 cho bề mặt gồ ghề (bê tông, tường xây, tấm tôn,...), 0,03 cho bề mặt rất gồ ghề (tôn gợn sóng, có sườn, gập,...); z_e là chiều cao tính áp lực gió ma sát, lấy bằng chiều cao tính toán áp lực gió ngoài; $q_p(z_e)$ là áp lực gió lớn nhất ở chiều cao z_e ; A_{fr} là diện tích chịu áp lực gió ma sát của nhà hoặc cấu kiện, được xác định bằng một phần của diện tích mặt ngoài nhà song song với hướng gió thổi và được tính cách sau mặt đón gió một khoảng nhỏ hơn cả hai kích thước $2b$ và $4h$.

2.3. Xác định hệ số áp lực ngoài trên mặt đứng

Các vùng áp lực gió ngoài trên mặt đứng của nhà được quy định gồm 5 vùng A, B, C, D và E như mô tả ở Hình 2 (Hình 7.5 của [1]).



Ghi chú: A, B, C, D và E là các vùng áp lực gió; $e = \min(b; 2h)$; b là kích thước nhà vuông góc với hướng gió; d là kích thước nhà song song với hướng gió; h là chiều cao nhà tính từ mặt nền.

Hình 2. Các vùng áp lực gió trên mặt đứng của nhà

Hệ số áp lực ngoài được xác định phụ thuộc vào kích thước của bề mặt chịu áp lực gió ngoài, tức là phụ thuộc vào tỷ số h/d (Bảng 7.1 của [1]). Hệ số áp lực ngoài được xác định trên bề mặt có diện tích bằng 1 m^2 được ký hiệu là $c_{pe,1}$ và trên bề mặt 10 m^2 được ký hiệu là $c_{pe,10}$. Hệ số $c_{pe,10}$ được sử dụng để phân tích tổng thể cả hệ kết cấu nhà (Bảng 2). Trong các khoảng của tỷ số h/d cho ở Bảng 2 thì giá trị của $c_{pe,10}$ được nội suy tuyến tính và với trường hợp $h/d > 5$ thì tổng tải trọng gió có thể được xác định bởi hệ số lực c_f .

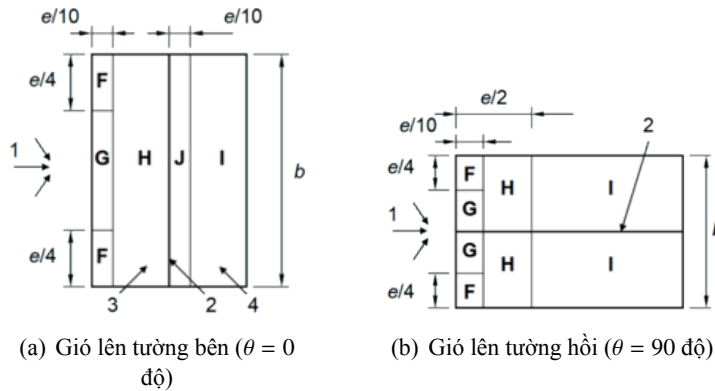
Bảng 2. Giá trị áp lực ngoài $c_{pe,10}$ trên mặt đứng của nhà có mặt bằng hình chữ nhật

h/d	Vùng áp lực gió				
	A	B	C	D	E
5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Trong trường hợp xét đến sự tương quan giữa áp lực gió lớn nhất xuất hiện đồng thời trên mặt đón gió D và mặt hút gió E, hệ số áp lực ngoài được giảm xuống bằng cách nhân với hệ số 1,0 khi nhà có tỷ số $h/d \geq 5$; 0,85 khi $h/d \leq 1$ và bằng nội suy tuyến tính giữa 1,0 và 0,85 khi tỷ số h/d trong khoảng 5 và 1.

2.4. Xác định hệ số áp lực ngoài trên mái nhà

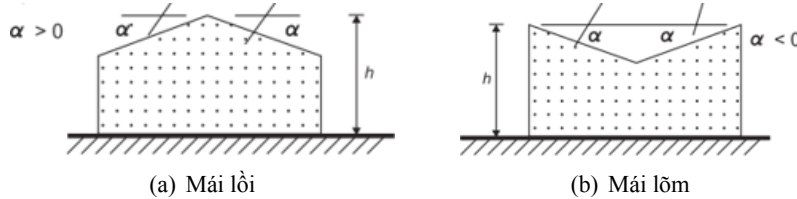
Đối với nhà công nghiệp hai mái dốc, các vùng áp lực gió ngoài trên mái dốc được quy định gồm 5 vùng F, G, H, I và J như mô tả ở Hình 3 (Hình 7.8 của [1]).



Ghi chú: 1- Hướng gió, 2- Đỉnh mái, 3- Mái trước, 4- Mái sau; F, G, H, I và J là các vùng áp lực gió; $e = \min(b; 2h)$; b là kích thước nhà vuông góc với hướng gió; h là chiều cao nhà tính từ mặt nền.

Hình 3. Các vùng áp lực gió trên mái nhà hai mái dốc

Hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ của các vùng gió trên mái nhà được xác định phụ thuộc vào góc nghiêng của mái α và góc hướng gió thổi θ . Góc nghiêng của mái mang dấu dương ($\alpha > 0$) đối với mái lồi và mang dấu âm ($\alpha < 0$) đối với mái lõm. Trong trường hợp nhà công nghiệp nhiều nhịp thì có mái lõm, gồm hai nửa mái ở trên cột giữa.



Hình 4. Dấu của góc nghiêng của mái nhà

Bảng 3. Giá trị của $c_{pe,10}$ trên các vùng áp lực gió của mái hai mái dốc khi gió thổi vuông góc với tường bên ($\theta = 0$ độ)

α (độ)	Vùng áp lực gió				
	F	G	H	I	J
5	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	0	0	0	-0,6	-0,6
15	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1,0
	0,2	0,2	0,2	0	0
30	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4	0	0

Giá trị $c_{pe,10}$ được cho ở Bảng 3 (Bảng 7.4a của [1]) khi hướng gió thổi vuông góc với tường bên của nhà ($\theta = 0$ độ) và ở Bảng 4 (Bảng 7.4b của [1]) khi hướng gió thổi vuông góc với tường hồi của

nhà ($\theta = 90^\circ$). Bảng 3 và 4 trình bày các giá trị của hệ số áp lực ngoài cho những trường hợp mái phổ biến với góc mái nghiêng α có giá trị từ 5 độ đến 30 độ. Trường hợp nhà có góc mái nghiêng bằng 0 độ thì được xác định tương ứng với trường hợp nhà mái bằng (Bảng 7.2 của [1]). Khi góc nghiêng trong khoảng từ -30° đến 30° , giá trị của hệ số $c_{pe,10}$ được nội suy tuyến tính trong các khoảng tương ứng.

Bảng 4. Giá trị của $c_{pe,10}$ trên các vùng áp lực gió của mái hai mái dốc khi gió thổi vuông góc với tường hồi ($\theta = 90^\circ$)

α (độ)	Vùng áp lực gió			
	F	G	H	I
5	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
15	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
30	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5

2.5. Xác định hệ số áp lực trong trên mặt đứng và mái nhà

Hệ số áp lực trong được xác định với giả thiết các cửa đi và cửa sổ của nhà được đóng kín trong thời gian gió bão thiết kế lớn nhất xuất hiện. Trong trường hợp này, hệ số áp lực trong c_{pi} có thể được lấy bằng 0,2 (với hướng gió từ trong nhà ra ngoài) hoặc $-0,3$ (với hướng gió từ ngoài nhà vào trong).

Trường hợp cửa đi mở và cửa sổ mở được sử dụng để xác định áp lực gió ở tình huống thiết kế chịu tác động sự cố. Giá trị của c_{pi} trong tình huống này được xác định phụ thuộc vào diện tích lỗ mở như sau. Một bề mặt của nhà (tường bên hoặc mái) được coi là mặt có lỗ mở vượt trội (mặt mở trội) khi diện tích của các lỗ mở trên mặt đó ít nhất bằng 2 lần diện tích của các lỗ mở ở trên các mặt còn lại của nhà (mục 7.2.9(4) của [1]).

Đối với nhà có một mặt mở trội, hệ số áp lực trong c_{pi} được xác định theo hệ số áp lực ngoài c_{pe} ở lỗ mở của mặt mở trội như sau (mục 7.2.9(5) của [1]):

- Trường hợp diện tích của các lỗ mở trên mặt mở trội bằng 2 lần diện tích của các lỗ mở trên các mặt còn lại:

$$c_{pi} = 0,75c_{pe} \quad (19)$$

- Trường hợp diện tích của các lỗ mở trên mặt mở trội bằng ít nhất 3 lần diện tích của các lỗ mở trên các mặt còn lại:

$$c_{pi} = 0,90c_{pe} \quad (20)$$

Đối với nhà không có mặt mở trội, hệ số áp lực trong c_{pi} được xác định từ quan hệ giữa tỷ số h/d và hệ số lỗ mở μ . Hệ số μ được xác định bằng tỷ số giữa tổng diện tích của các lỗ mở có hệ số c_{pe} mang giá trị âm hoặc bằng không chia cho tổng diện tích của các lỗ mở (mục 7.2.9(6) của [1]). Khi không thể xác định được hệ số μ thì hệ số áp lực trong c_{pi} có thể được lấy bằng 0,2 (với hướng gió từ trong nhà ra ngoài) hoặc $-0,3$ (với hướng gió từ ngoài nhà vào trong).

3. Ví dụ tính khảo sát

3.1. Các kích thước của nhà công nghiệp một tầng

Nhà công nghiệp một tầng được khảo sát gồm một nhịp, mặt bằng hình chữ nhật và mái dốc đều về hai phía. Các kích thước chính của nhà gồm chiều rộng nhà (khoảng cách giữa 2 mép ngoài cột biên) $L = 32$ m; chiều dài nhà $n \cdot B = 105$ m trong đó số bước khung $n = 15$ và khoảng cách giữa các khung đều nhau $B = 7$ m; góc nghiêng của mái $\alpha = 10^\circ$; chiều cao cột tính từ mặt móng đến trục dầm nhỏ $H_0 = 9,6$ m; chiều cao ở giữa nhà tính từ mặt móng đến trục dầm nhỏ ở đỉnh mái $H_2 = 11,959$ m;

chiều cao từ trực dầm mái đến trực dầm cửa trời $H_{ct} = 1,8$ m; chiều cao tính từ mặt móng đến trực dầm cửa trời $H_4 = 13,759$ m; nhịp của cửa trời $L_{ct} = 6,263$ m [7, 8].

3.2. Xác định áp lực gió lớn nhất

a. Vận tốc gió cơ sở đối với địa hình loại II

Vận tốc gió 10 phút, chu kỳ lặp 50 năm đối với khu vực thuộc vùng gió II (Bảng 5.1 của [4]): $V_{10m,50} = 31,0$ m/s. Hệ số chuyển đổi từ vận tốc gió 10 phút, chu kỳ lặp 50 năm sang vận tốc gió 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm (Bảng 5.3 của [4]): $K_{m,20} = 0,95$. Vận tốc gió 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm đối với khu vực thuộc vùng gió II được xác định (mục 5.4.2 của [4]): $V_{10m,20} = V_{10m,50} K_{m,20} = 29,45$ m/s. Do vậy, vận tốc gió cơ sở ở độ cao 10 m, 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm đối với địa hình loại II (thuộc vùng nông thôn) được xác định (phụ lục A.1 của [1]): $v_{b,0} = V_{10m,20} = 29,45$ m/s.

b. Áp lực gió cơ bản đối với địa hình loại II

Trong trường hợp địa hình loại II (vùng nông thôn), vận tốc gió cơ bản ở độ cao 10 m, 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm, địa hình loại II khi kể đến ảnh hưởng của hướng gió và mùa gió (phụ lục A.1 của [1]): $v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 29,45$ m/s với hệ số hướng gió: $c_{dir} = 1,0$ và hệ số mùa: $c_{season} = 1,0$. Do vậy, áp lực gió cơ bản ở độ cao 10 m, 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm, địa hình loại II (mục 4.5(1) của [1]): $q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 542,06$ N/m².

c. Áp lực gió lớn nhất đối với địa hình loại III

Xét trường hợp địa hình xây dựng nhà công nghiệp thuộc loại III (vùng ngoại thành) (phụ lục A.1 của [1]), chiều cao nhám của địa hình loại III: $z_{0,III} = 0,3$ m; chiều cao nhỏ nhất của địa hình loại III: $z_{min,III} = 5,0$ m; chiều cao nhám của địa hình loại II: $z_{0,II} = 0,05$ m (Bảng 4.1 của [1]). Hệ số địa hình của địa hình loại III (mục 4.3.2(1) của [1]) $k_r = 0,19 (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,215$ và chiều cao lớn nhất: $z_{max} = 200$ m (mục 4.3.2(1)).

Áp lực gió lớn nhất tại cao trình z , 10 phút, chu kỳ lặp 20 năm, địa hình loại III được xác định như sau (mục 4.5(1) của [1]): $q_b(z) = c_e(z) q_b$ trong đó

$$c_e(z) = \left[1 + \frac{7k_1 k_r}{c_0(z) c_r(z)} \right] c_0^2(z) c_r^2(z)$$

Hệ số độ dốc mặt đất nhỏ hơn 3 độ (mục 4.3.3(2) của [1]): $c_0(z) = 1,0$; chiều cao $z = 11,959$ m; hệ số rối (mục 4.4(1) của [1]): $k_1 = 1,0$.

$$c_r(z) = k_r \ln(z/z_{0,III}) = 0,794 \text{ đối với } z_{min,III} \leq z \leq z_{max}$$

Do vậy, $q_b(z) = c_e(z) q_b = 990,35$ N/m² với $c_e(z) = 1,827$.

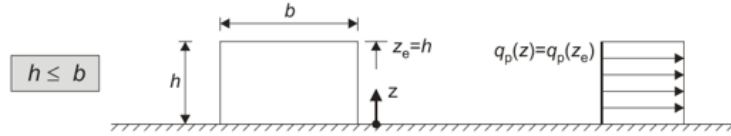
3.3. Xác định hệ số áp lực trong

Hệ số áp lực trong được xác định trong trường hợp xảy ra con lốc và cửa nhà được đóng kín (mục 7.2.9(6) của [1]): $c_{pi} = +0,2$ (với chiều áp lực hướng ra ngoài nhà) và $c_{pi} = -0,3$ (với chiều áp lực hướng vào trong nhà).

3.4. Xác định hệ số áp lực ngoài và tải trọng gió

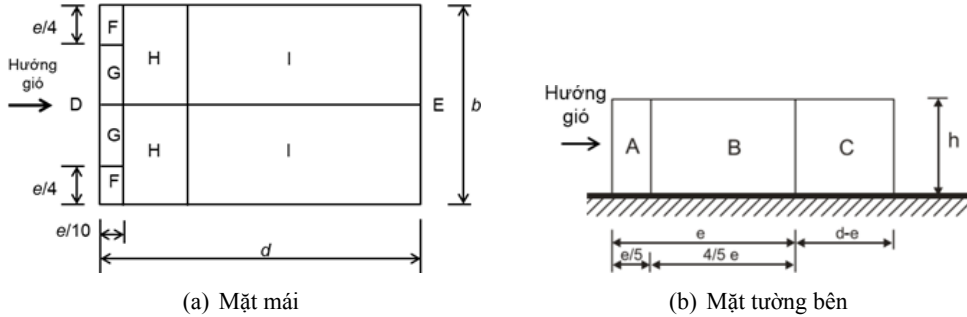
a. Khi gió thổi dọc nhà (lên tường hồi, $\theta = 90$ độ)

Bề rộng nhà trong trường hợp này được xác định là chiều vuông góc với hướng gió thổi: $b = L = 32$ m. Chiều dài nhà song song với hướng gió thổi: $d = 105$ m. Chiều cao đỉnh mái: $h = 11,959$ m. Do $h \leq b$ nên $z_e = h = 11,959$ m (Hình 7.4 của [1]). Kích thước $e = \min(b; 2h) = 23,92$ m < $d = 105$ m (Hình 7.5 của [1]) trong đó $b = 32$ m; $2h = 23,92$ m.



Hình 5. Chiều cao z_e và phân bố áp lực gió $q_p(z)$

Do vậy, áp dụng trường hợp $e < d$ để xác định bề rộng của các vùng áp lực gió ở xung quanh nhà (Hình 6) đối với các vùng trên tường bên và tường hồi theo Hình 7.5a của [1] và trên mái nhà theo Hình 7.5c của [1].



Hình 6. Các vùng áp lực gió trên các mặt đứng và mái khi gió thổi dọc nhà

Bảng 5. Bề rộng vùng áp lực gió trên các mặt đứng và mái khi gió thổi dọc nhà (lên tường hồi)

TT	Vùng áp lực gió	Bề rộng (m)
1	Vùng A (tường bên)	$e/5 =$ 4,784
2	Vùng B (tường bên)	$4e/5 =$ 19,135
3	Vùng C (tường bên)	$de =$ 81,081
4	Vùng D (tường hồi đón gió)	$b = L =$ 32,0
5	Vùng E (tường hồi hút gió)	$b = L =$ 32,0
6	Vùng F (mái)	$e/10 =$ 2,392
7	Vùng G (mái)	$e/4 =$ 5,980
8	Vùng H (mái)	$e/2 - e/10 =$ 9,568
9	Vùng I (mái)	$d - e/2 =$ 93,041

Các hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ và $c_{pe,1}$ được xác định đối với các vùng trên tường bên và tường hồi (trên mặt đứng) với tỷ số $h/d = 0,114 < 0,25$ (Bảng 7.1 của [1]) và đối với các vùng trên mái trong trường hợp mái nghiêng 10 độ (Bảng 7.4b của [1]).

Tải trọng gió phân bố đều trên chiều dài cột và dầm mái của khung nhà (Hình 7.4 của [1]): $F = [c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}] B$ (kN/m) trong đó $c_s c_d = 1,0$ khi $h < 15$ m; $q_b(z_e) = q_b(z_i) = q_b(z) = 990,35$ N/m²; $B = 7$ m; $c_{pi} = +0,2$ hoặc $-0,3$.

Do vậy, $F_{10} = q_p(z) (c_{pe,10} - c_{pi}) B$ và $F_1 = q_p(z) (c_{pe,1} - c_{pi}) B$ (kN/m).

b. Khi gió thổi ngang nhà (lên tường bên, $\theta = 0$ độ)

Các số liệu bao gồm: nhà có mái dốc $\alpha = 10$ độ (> 0) Hình 7.8a của [1]; bề rộng nhà vuông góc với hướng gió thổi $b = 105$ m; chiều dài nhà song song với hướng gió thổi $d = L = 32$ m và chiều cao

Bảng 6. Hệ số áp lực ngoài trên các mặt xung quanh nhà và mái khi gió thổi dọc nhà (lên tường hồi)

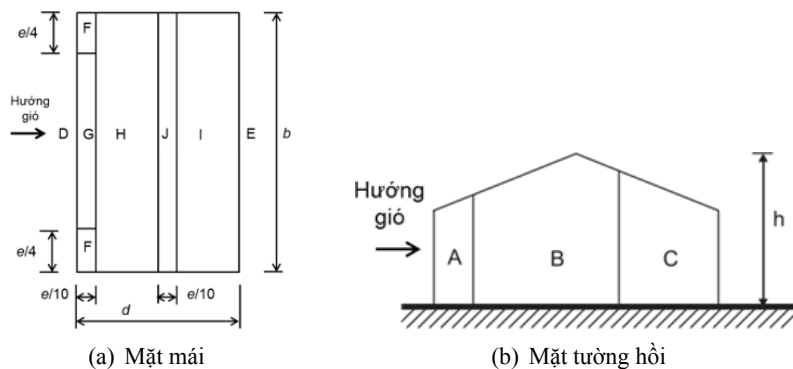
TT	Vùng áp lực gió	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	Vùng A (tường bên)	-1,2	-1,4
2	Vùng B (tường bên)	-0,8	-1,1
3	Vùng C (tường bên)	-0,5	-0,5
4	Vùng D (tường hồi đón gió)	0,7	1,0
5	Vùng E (tường hồi hút gió)	-0,3	-0,3
6	Vùng F (mái)	-1,45	-2,10
7	Vùng G (mái)	-1,30	-2,00
8	Vùng H (mái)	-0,65	-1,20
9	Vùng I (mái)	-0,55	-0,55

Bảng 7. Tải trọng gió F10 phân bố đều trên cột và dầm mái tương ứng với hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$

TT	Vùng áp lực gió	Hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$	Tải trọng gió (kN/m)	
			$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = -0,3$
1	A	-1,2	-9,705	-6,239
2	B	-0,8	-6,932	-3,466
3	C	-0,5	-4,853	-1,386
4	D	0,7	3,466	6,932
5	E	-0,3	-3,466	0,000
6	F	-1,45	-1,634	-1,139
7	G	-1,30	-1,486	-0,990
8	H	-0,65	-0,842	-0,347
9	I	-0,55	-0,743	-0,248

đỉnh mái $h = 11,959$ m. Do $h \leq b$ nên $z_e = h = 11,959$ m (Hình 7.4 của [1]). Kích thước $e = \min(b; 2h) = 23,92$ m < $d = 32$ m (Hình 7.5 của [1]) trong đó $b = 105$ m và $2h = 23,92$ m.

Do vậy, áp dụng trường hợp $e < d$ để xác định bề rộng của các vùng áp lực gió ở xung quanh nhà (Hình 7): đối với các vùng ở tường hồi A, B, C và tường bên phía đón gió D, phía hút gió E theo (Hình 7.5a của [1]) và đối với các vùng ở trên mái trước F, G, H và trên mái sau J và I theo (Hình 7.8b của [1]).



Hình 7. Các vùng áp lực gió trên các mặt đứng và mái khi gió thổi ngang nhà

Bảng 8. Bề rộng vùng áp lực gió trên các mặt đứng và mái khi gió thổi ngang nhà (lên tường bên)

TT	Vùng áp lực gió	Bề rộng (m)
1	Vùng A (tường hồi)	$e/5 =$ 4,784
2	Vùng B (tường hồi)	$4e/5 =$ 19,135
3	Vùng C (tường hồi)	$de =$ 8,081
4	Vùng D (tường bên đón gió)	$b = 15B =$ 105,0
5	Vùng E (tường bên hút gió)	$b = 15B =$ 105,0
6	Vùng F (mái trước)	$e/10 =$ 2,392
7		$e/4 =$ 5,980
8		$e/10 =$ 2,392
9	Vùng G (mái trước)	$15B2e/4 =$ 93,04
10	Vùng H (mái trước)	$L/2 - e/10 =$ 13,608
11	Vùng J (mái sau)	$e/10 =$ 2,392
12	Vùng I (mái sau)	$L/2 - e/10$ 13,608

Các hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ và $c_{pe,1}$ được xác định đối với các vùng trên tường bên và tường hồi (trên mặt đứng) với tỷ số $h/d = 0,374 > 0,25$ (Bảng 7.1 của [1]) và đối với các vùng trên mái trong trường hợp mái nghiêng 10 độ (Bảng 7.4a của [1]).

Bảng 9. Hệ số áp lực ngoài trên các mặt đứng và mái khi gió thổi ngang nhà (lên tường bên)

TT	Vùng áp lực gió	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	Vùng A (tường hồi)	-1,20	-1,40
2	Vùng B (tường hồi)	-0,80	-1,10
3	Vùng C (tường hồi)	-0,50	-0,50
4	Vùng D (tường bên đón gió)	0,72	1,00
5	Vùng E (tường bên hút gió)	-0,33	-0,33
6	Vùng F (mái trước)	-1,30	-2,25
		0,10	0,10
7	Vùng G (mái trước)	-1,00	-1,75
		0,10	0,10
8	Vùng H (mái trước)	-0,45	-0,75
		0,10	0,10
9	Vùng J (mái sau)	-0,40	-0,65
		-0,30	-0,30
10	Vùng I (mái sau)	-0,50	-0,50
		-0,30	-0,30

Tải trọng gió phân bố đều trên chiều dài cột và dầm mái của khung nhà (Hình 7.4 của [1]): $F = [c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}] B$ (kN/m) trong đó $c_s c_d = 1,0$ khi $h < 15$ m; $q_b(z_e) = q_b(z_i) = q_b(z) = 990,35 \text{ N/m}^2$; $B = 7$ m; $c_{pi} = +0,2$ hoặc $-0,3$.

Do vậy, $F_{10} = q_p(z)(c_{pe,10} - c_{pi})B$ và $F_1 = q_p(z)(c_{pe,1} - c_{pi})B$ (kN/m).

Bảng 10. Tải trọng gió F_{10} phân bố đều trên cột và dầm mái tương ứng với hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$

TT	Vùng áp lực gió	Hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$	Tải trọng gió (kN/m)	
			$c_{pi} = 0,2$	$c_{pi} = -0,3$
1	A	-1,20	-9,705	-6,239
2	B	-0,80	-6,932	-3,466
3	C	-0,50	-4,853	-1,386
4	D	0,72	3,581	7,047
5	E	-0,33	-3,695	-0,229
6	F	-1,30	-10,399	-6,932
7	G	0,10	-0,693	2,773
		-1,00	-8,319	-4,853
		0,10	-0,693	2,773
8	H	-0,45	-4,506	-1,040
		0,10	-0,693	2,773
9	J	-0,40	-4,159	-0,693
		-0,30	-3,466	0,000
10	I	-0,50	-4,853	-1,386
		-0,30	-3,466	0,000

3.5. So sánh với TCVN 2737:1995

a. Hệ số khí động

* Hệ số áp lực ngoài và hệ số áp lực trong:

Theo EN 1991-1-4 [1], hệ số khí động trên bề mặt nhà được quy định gồm 2 thành phần là hệ số áp lực ngoài c_{pe} và hệ số áp lực trong c_{pi} . Hệ số c_{pe} luôn mang dấu dương đối với mặt đón gió (hướng vào tường) và mang dấu âm đối với mặt hút gió (hướng ra khỏi tường). Hệ số c_{pi} được xét cho cả hai trường hợp mang dấu âm và dấu dương (hướng vào tường hoặc hướng ra khỏi tường). Giá trị của c_{pi} được xác định phụ thuộc vào giá trị của c_{pe} và hệ số lỗ mở μ được xác định trong trường hợp tính toán với tình huống sự cố. Hệ số c_{pi} thường được lấy bằng +0,2 đối với trường hợp áp lực gió từ trong nhà hướng ra ngoài và bằng -0,3 đối với trường hợp áp lực gió hướng vào trong nhà ở mặt trong nhà. Như vậy, hệ số khí động tính theo EN 1991-1-4 gồm hai giá trị tương ứng với hai giá trị khác nhau của hệ số áp lực trong, $c_{pe} + 0,2$ và $c_{pe} - 0,3$. Trong khi đó, hệ số khí động tính theo TCVN 2737:1995 [2] được quy định chỉ gồm một giá trị. Điều này dẫn đến số lượng các trường hợp tải trọng gió cần được xem xét trong tính toán kết cấu theo [1] tăng gấp hai lần so với [2].

* Giá trị hệ số khí động trên mặt đứng đón gió:

Theo TCVN 2737:1995, hệ số khí động c_e được quy định bằng 0,8 cho mặt thẳng đứng đón gió, bao gồm cả mặt đứng đón gió của cửa trời khi góc dốc của mái nhỏ hơn 20 độ, không phụ thuộc vào kích thước của nhà. Trong khi đó, theo Bảng 7.1 của [1], hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ trên mặt đứng đón gió được quy định phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều cao nhà, h (tính từ mặt nền đến đỉnh nhà) so với kích thước mặt bằng nhà theo phương gió thổi, d . Tỷ số này càng tăng thì $c_{pe,10}$ càng tăng, nhưng giá trị chỉ giới hạn trong khoảng từ 0,7 đến 0,8. Đối với mặt đứng đón gió, hệ số khí động được xác định $c_{pe,10} + c_{pi} = 1,0$ đến 1,1. Đối với nhà công nghiệp một tầng được khảo sát ở trên, $c_{pe,10} + c_{pi} = 1,0$ và 1,02 tương ứng với hướng gió thổi theo phương dọc nhà và ngang nhà. Như vậy, giá trị của hệ số khí động trên mặt đứng đón gió tính theo [1] là lớn hơn khoảng 25% đến 27,5% so với tính theo [2].

* Giá trị hệ số khí động trên mặt đứng hút gió: Theo TCVN 2737:1995 [2], hệ số khí động c_{e3} trên mặt đứng hút gió khi gió thổi ngang nhà được quy định phụ thuộc vào tỷ số giữa chiều cao đỉnh cột h_1 so với kích thước mặt bằng nhà theo phương gió thổi (nhịp nhà L). Tỷ số này càng lớn thì giá trị c_{e3} càng tăng. Đồng thời, giá trị c_{e3} phụ thuộc vào tỷ số giữa kích thước mặt bằng nhà theo phương vuông góc với phương gió thổi (chiều dài nhà B). Tỷ số này càng lớn thì giá trị c_{e3} càng tăng. Đối với nhà công nghiệp một tầng, hầu hết các trường hợp có $h_1/L \leq 0,5$ và $B/L \geq 2$, do vậy giá trị $c_{e3} = -0,5$. Đối với nhà công nghiệp một tầng khảo sát ở trên có kết quả $c_{e3} = -0,5$ trên mặt đứng hút gió của nhà và $-0,6$ trên mặt đứng hút gió của cửa trời. Các kích thước của nhà để xác định hệ số khí động theo [2] gồm chiều cao từ mặt nền đến đỉnh cột $h_1 = 9,2$ m; chiều cao từ mặt nền đến đỉnh mái $h_2 = 11,952$ m; chiều cao cửa trời bằng 1,5 m; chiều cao từ mặt nền đến chân cửa trời bằng 11,4 m; chiều cao từ mặt nền đến đỉnh cửa trời $h_3 = 13,452$ m và nhịp khung $L = 32$ m.

Theo Bảng 7.1 của [1], tương tự như trên mặt đón gió, hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ trên mặt đứng hút gió được quy định phụ thuộc vào tỷ số giữa h so với d . Tỷ số này càng tăng thì giá trị tuyệt đối của $c_{pe,10}$ càng tăng, nhưng chỉ giới hạn trong khoảng từ $-0,3$ đến $-0,7$. Đối với mặt đứng hút gió, hệ số khí động được xác định bằng tổng $c_{pe,10} + c_{pi} = -0,5$ đến $-0,9$ phụ thuộc vào các vùng áp lực gió khác nhau. Đối với nhà công nghiệp một tầng ở trên, $c_{pe,10} + c_{pi} = -0,5$ và $-0,53$ tương ứng với hướng gió thổi theo phương dọc nhà và phương ngang nhà. Như vậy, giá trị của hệ số khí động trên mặt đứng hút gió tính theo [1] là tương tự với tính theo [2].

* Giá trị hệ số khí động trên mặt mái khi gió thổi ngang nhà, $\theta = 0$ độ:

Theo EN 1991-1-4 [2], khi gió thổi theo phương ngang nhà, hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ trên mái được xác định theo 5 vùng với ký hiệu là F, G, H, I và J (Hình 7). Tuỳ theo góc nghiêng của mái, α , áp lực gió trên mỗi vùng có thể chỉ xét có gió đẩy (hướng vào mái) hoặc gió hút (hướng ra khỏi mái) hoặc có xét cả hai trường hợp gió đẩy và hút. Đối với nhà công nghiệp một tầng, thông thường góc $\alpha = 5$ đến 15 độ, do vậy áp lực gió trên mái thường là gió hút (mang dấu âm), tương ứng với giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trong các vùng là $-0,3$ đến $-1,7$. Khi $\alpha = 5$ đến 15 độ, giá trị $c_{pe,10}$ có độ lớn theo thứ tự sau: vùng F có giá trị lớn nhất (từ $-0,9$ đến $-1,7$); tiếp theo là vùng G từ $-0,8$ đến $-1,2$; vùng J từ $0,2$ đến $-1,0$; vùng I từ $-0,4$ đến $-0,6$ và vùng H từ $-0,3$ đến $-0,6$ (Bảng 7.4a của [1]). Trong ví dụ khảo sát ở trên, khi gió thổi theo phương ngang nhà, $c_{pe,10} + c_{pi} = -1,5$; $-1,2$; $-0,65$; $-0,7$ và $-0,6$ tương ứng với các vùng F, G, H, I và J.

Theo TCVN 2737:1995, khi gió thổi theo phương ngang nhà, hệ số khí động trên mái được xác định theo một vùng của mái trước đón gió và một vùng của mái sau hút gió, trong khi theo [1] được phân chia thành 2 vùng (G, H) cho mái trước đón gió và 2 vùng (I, J) cho mái sau hút gió. Giá trị hệ số khí động $c_{e,1}$ theo [2] phụ thuộc vào giá trị góc nghiêng α của mái và tỷ số h_1/L . Với α trong khoảng 0 đến 20 độ, giá trị $c_{e,1}$ tăng khi tỷ số H_1/L tăng và giảm khi góc α tăng. Đối với nhà công nghiệp một tầng ở trên, khi gió thổi theo phương ngang nhà, $c_{e,1} = -0,25$ ở mái trước đón gió và $c_{e,2} = -0,5$ ở mái sau hút gió. Các giá trị này nhỏ hơn khá nhiều so với giá trị tính theo [1].

* Giá trị hệ số khí động trên mặt mái khi gió thổi dọc nhà, $\theta = 90$ độ:

Theo EN 1991-1-4, khi gió thổi theo phương dọc nhà, hệ số áp lực ngoài $c_{pe,10}$ trên mái được xác định theo 4 vùng, được ký hiệu là F, G, H và I (Hình 6). Các vùng này đều chịu áp lực gió hút (hướng ra khỏi mái). Đối với nhà công nghiệp một tầng, thông thường góc $\alpha = 5$ đến 15 độ, tương ứng giá trị $c_{pe,10}$ có độ lớn theo thứ tự sau: vùng F có giá trị lớn nhất ($-1,3$ đến $-1,6$); vùng G có giá trị không đổi bằng $-1,3$; vùng H từ $-0,7$ đến $-0,6$ và vùng I từ $-0,6$ đến $-0,5$ (Bảng 7.4b của [1]). Đối với nhà công nghiệp một tầng ở trên, khi gió thổi theo phương dọc nhà, $c_{pe,10} + c_{pi} = -1,65$; $-1,5$; $-0,85$ và $-0,75$ tương ứng với các vùng F, G, H và I.

Theo TCVN 2737:1995 [2], khi gió thổi theo phương dọc nhà, giá trị của hệ số khí động $c_{e,3}$

chỉ phụ thuộc vào tỷ số B/L và h_1/L . Đối với nhà công nghiệp một tầng, hầu hết các trường hợp có $h_1/L \leq 0,5$ và $B/L \geq 2$, do vậy giá trị $c_{e3} = -0,5$. Ví dụ tính ở trên cho kết quả $c_{e3} = -0,5$. Như vậy, giá trị của hệ số khí động trên mặt mái khi gió thổi dọc nhà tính theo [2] là nhỏ hơn khá nhiều so với tính theo [1].

b. Giá trị hệ số địa hình và hệ số áp lực gió theo chiều cao

Theo EN 1991-1-4, địa hình được chia thành 5 loại từ loại 0 đến IV tương ứng với hệ số địa hình $k_r = 0,156; 0,17; 0,19; 0,215$ và $0,234$. Hệ số k_r được kể đến khi xác định hệ số áp lực gió lớn nhất, $c_e(z)$, tại cao trình z . Giá trị nhỏ nhất của $c_e(z)$ tương ứng với loại địa hình từ 0 đến IV ở cao trình cách mặt đất một khoảng $z_{\min} = 1; 1; 2; 5$ và 10 m. Ví dụ khảo sát cho nhà công nghiệp một tầng có kết quả $c_e(z) = 1,827$ tại cao trình $h_2 = 11,952$ m tính từ mặt nền đến đỉnh mái. Kết quả áp lực gió lớn nhất tương ứng là $q_b(z) = 990,35$ N/m².

Theo TCVN 2737:1995, hệ số địa hình được gộp vào trong hệ số áp lực gió theo chiều cao, k , với giá trị được tra ở Bảng 5 của [2] tương ứng với các dạng địa hình A (trồng trãi), B (tương đối trồng trãi) và C (bị che chắn mạnh). Có thể coi các dạng địa hình 0, II và IV trong [1] tương ứng với các dạng địa hình A, B và C trong [2]. Dạng địa hình III trong [1] nằm trong khoảng dạng địa hình B và C trong [2]. Ví dụ tính cho nhà công nghiệp một tầng cho kết quả $k = 1,031$ đối với dạng địa hình B và $0,691$ đối với dạng địa hình C. Như vậy, giá trị này nhỏ hơn khá nhiều so với giá trị tính theo [1].

c. Hệ số tổ hợp

Theo EN 1990 [10] hệ số tổ hợp đối với tải trọng gió được quy định bằng 1,5 khi nó được coi là tác dụng chính và bằng $1,5 \times 0,6 = 0,9$ khi được coi là phụ so với trường hợp tải trọng không thường xuyên khác (như tải trọng sửa chữa mái, tải trọng cầu trục). Trong khi đó theo TCVN 2737:1995 [2], tích của hệ số tổ hợp và hệ số vượt tải của tải trọng gió được lấy bằng $1,0 \times 1,2 = 1,2$ cho tổ hợp cơ bản 1 hoặc bằng $0,9 \times 1,2 = 1,08$ cho tổ hợp cơ bản 2. Ngoài ra [2] còn quy định giá trị $1,0 \times 1,2 = 1,2$ khi tải trọng gió được coi là chính hoặc bằng $0,8 \times 1,2 = 0,96$ hoặc $0,6 \times 1,2 = 0,72$ khi được coi là phụ cấp 1 hoặc cấp 2. Như vậy hệ số tổ hợp của tải trọng gió tính theo [10] là khác nhau đáng kể so với tính theo [2]. Ngoài ra, EN 1991-1-4 có quy định hệ số giảm áp lực gió bằng 0,85 ở cả mặt đứng đón gió và hút gió cho nhà công nghiệp một tầng với $h/d \leq 1$ trong khi [2] không quy định điều này.

4. Kết luận

Các bước xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo EN 1991-1-4 đã được trình bày chi tiết có kèm theo các mục tham chiếu cụ thể. Đồng thời một ví dụ tính toán khảo sát tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo tiêu chuẩn này đã được thực hiện và kết quả được so sánh với kết quả tính theo TCVN 2737:1995.

Một số quy định khác nhau giữa EN 1991-1-4 và TCVN 2737:1995 đã được trình bày, bao gồm việc xác định hệ số khí động trên mặt đứng và mặt mái khi gió thổi theo phương ngang nhà hoặc dọc nhà tương ứng với các vùng áp lực gió trên mặt đứng và mặt mái. Hệ số khí động theo tiêu chuẩn châu Âu được quy định gồm hai phần là hệ số áp lực ngoài và hệ số áp lực trong, trong đó giá trị của hệ số áp lực trong lại gồm hai trường hợp +0,2 (mang dấu dương) và -0,3 (mang dấu âm). Các vùng áp lực gió với các giá trị hệ số khí động khác nhau theo EN 1991-1-4 cũng được phân chia nhiều hơn, do vậy có thể xác định được chính xác hơn tác dụng cục bộ của tải trọng gió trên bề mặt nhà.

Kết quả tính so sánh cho thấy giá trị của hệ số khí động tính theo EN 1991-1-4 là lớn hơn khá nhiều so với tính theo TCVN 2737:1995, đồng thời giá trị tổ hợp tải trọng gió theo EN 1990 cũng lớn hơn. Như vậy, có thể nói TCVN 2737:1995 đang tồn tại khá nhiều hạn chế và cần tiếp tục được điều chỉnh.

Tài liệu tham khảo

- [1] EN 1991-1-4:2005. *Eurocode 1 - Actions on structures; Part 1-4: General actions - Wind actions*.
- [2] TCVN 2737:1995. *Tải trọng và tác động*.
- [3] SNiP 2.01.07-85 (1989). *Loads and actions - Norm for design*.
- [4] Davenport, A. G., Surry, D., Stathopoulos, T. (1977). *Wind loading on low-rise buildings: final report on phases I and II*. University of Western Ontario, Engineering Science Research Report, (BLWT-SS8).
- [5] Davenport, A. G., Surry, D., Stathopoulos, T. (1978). *Wind loading on low-rise buildings: final report on phase III*. University of Western Ontario, Engineering Science Research Report (BLWT-SS4).
- [6] Davenport, A. G. (1983). [On the assessment of the reliability of wind loading on low buildings](#). *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 11(1-3):21–37.
- [7] Simiu, E., Scanlan, R. H. (2011). *Winds Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design*. Wiley-Interscience.
- [8] Steel Buildings in Europe. *Single-storey steel buildings - Part 3: Actions*.
- [9] QCVN 02:2022/BXD. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*.
- [10] EN 1990 (2005). *Eurocode: Basics of structural design*, Brussels, Belgium.
- [11] Thuật, Đ. V., Hòa, N. Đ., Chương, H. V., Khánh, T. D. (2019). [Khung nhà công nghiệp một tầng bằng thép có cầu trục được thiết kế chịu tải trọng động đất và gió](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 13(5V):9–19.
- [12] Thuật, Đ. V., Chương, H. V., Hòa, N. Đ. (2017). [Đánh giá tác dụng của tải trọng động đất tĩnh ngang và gió lên khung ngang nhà công nghiệp một tầng bằng thép có cầu trục](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 11(1):11–18.