

# Xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng theo TCVN 2737:2023

Determination of wind forces acting on single-storey industrial building according to TCVN 2737 : 2023

> **TRẦN TẤN HUY\***, **TRẦN QUỐC TOÀN**

Khoa Kỹ thuật công trình, Trường Đại học Tôn Đức Thắng TP.HCM

## TÓM TẮT

TCVN 2737:2023 là bản cập nhật mới nhất của TCVN 2737:1995 về tải trọng và tác động lên công trình xây dựng. TCVN 2737:2023 thay đổi phương pháp tính tải trọng gió bằng việc cập nhật công thức tính với các hệ số mới như hệ số hiệu ứng giật, hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo chiều cao tương đương, hệ số khí động kể đến áp lực gió lên các vùng khác nhau của công trình. Hệ số độ tin cậy dùng cho tải trọng gió tính toán cũng được tăng lên khi thay đổi chu kỳ lặp gió kiểm tra trạng thái giới hạn thứ nhất. Bài báo phân tích, giải thích và lập nên quy trình kèm các vấn đề cần lưu ý khi áp dụng tiêu chuẩn mới xác định tải trọng gió lên nhà công nghiệp một tầng.

**Từ khóa:** TCVN 2737:2023; tải trọng gió; vùng áp lực gió; hệ số hiệu ứng giật; nhà công nghiệp một tầng.

## ABSTRACT

TCVN 2737:2023 is the latest update of TCVN 2737:1995, regarding loads and impacts on building structures. The wind load calculation method is updated with new coefficients, such as the gust effect factor, the velocity pressure exposure coefficient and the external - internal pressure coefficient on different surfaces of building. The reliability coefficient for wind loads is increased by updating the wind load cycle period for ULS. The paper analyzes, explains, and establishes a procedure, including important notes when applying the new standard to determine wind force on single-storey industrial buildings.

**Keywords:** TCVN 2737:2023; wind force; wind pressure zone; gust effect factor; single-storey industrial buildings.

### 1. GIỚI THIỆU

Tiêu chuẩn TCVN 2737:2023 được công bố và có hiệu lực từ ngày 29/06/2023, tiêu chuẩn bao gồm 11 phần, nội dung quy định các yêu cầu về tải trọng, tác động và các tổ hợp của chúng dùng trong tính toán kết cấu công trình theo các trạng thái giới hạn nhóm thứ

nhất và nhóm thứ hai [1]. Hầu hết các nội dung trong tiêu chuẩn mang tính lý thuyết và chưa có ví dụ cho các công trình thực tế. Việc còn thiếu nhiều tài liệu hướng dẫn gây khó khăn khi áp dụng tiêu chuẩn mới này. Về tải trọng gió, so sánh với TCVN 2737:1995 [2] trước đây, TCVN 2737:2023 đã thay đổi phương pháp tính; điều chỉnh công thức tính, đặc biệt sử dụng hệ số hiệu ứng giật  $G_r$ ; điều chỉnh giá trị áp lực gió cơ sở  $W_0$  cho phù hợp với QCVN 02:2022/BXD [3]; điều chỉnh lại hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao tương đương; bổ sung chi tiết hơn phần xác định hệ số khí động cho một số dạng công trình dựa trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn Nga, châu Âu và Mỹ [4] [5] [6]; bổ sung quy định thí nghiệm ống thổi khí động. Do vậy, có thể nói rằng việc áp dụng TCVN 2737:2023 trong thực hành tính toán hiện nay vẫn còn gặp một số khó khăn. Trong bài báo này, dạng chính của tải trọng gió được trình bày và giới thiệu cách xác định theo phương án tác dụng vào bề mặt đón gió, các bước xác định tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp một tầng được thể hiện trong sơ đồ khối quy trình, bao gồm việc xác định áp lực gió cơ sở  $W_0$ ; các hệ số về địa hình, nhám và độ dốc mặt đất; các hệ số áp lực ngoài, áp lực trong và áp lực ma sát.

### 2. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG LÊN NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG THEO TCVN 2737:2023

#### 2.1 Dạng chính của tải trọng gió

Dạng chính của tải trọng gió liên quan tới tác động trực tiếp của gió lớn nhất lên nhà và công trình cho các vị trí xây dựng và phải được kể đến khi thiết kế mọi nhà và công trình. Tải trọng gió chính  $W$  tác dụng lên công trình được xem xét theo một trong hai phương án sau [1]:

- Phương án một, tải trọng gió chính gồm 3 thành phần
  - Áp lực pháp tuyến  $W_e$  tác dụng vào mặt ngoài của công trình hoặc cấu kiện.
  - Áp lực ma sát  $W_f$  hướng theo tiếp tuyến với mặt ngoài và tính trên diện tích hình chiếu bằng (đối với mái rỗng của hoặc lượn sóng và mái có cửa trời) hoặc tính trên diện tích hình chiếu đứng (đối với tường có ban công hoặc lô gia và các kết cấu tương tự).
  - Áp lực pháp tuyến  $W_i$  tác dụng vào các mặt trong của công trình có tường bao che không kín, tường có lỗ cửa tự mở hoặc mở thường xuyên.
- Áp lực gió chính theo phương án một sẽ tác dụng vào bề mặt đón gió.
- Phương án hai, tải trọng gió chính gồm 2 thành phần
  - Các áp lực pháp tuyến  $W_x$  và  $W_y$  do áp lực gió ngoài gây bởi tổng lực cản của công trình theo hướng các trục  $x$  và  $y$  ( $x$  và  $y$  là các trục trên mặt bằng công trình).

- Mô men xoắn WMz đối với trục z (trục z theo phương thẳng đứng).

→ Áp lực gió chính theo phương án hai sẽ được quy về lực tập trung tác dụng lên tâm của sàn hoặc lực phân bố lên dầm biên nhưng phải lưu ý kể đến momen xoắn do lệch tâm bề mặt đón gió với tâm của sàn. Momen xoắn được tính theo công thức theo TCVN 9386:2012 [7]:  $M = P.e$  với  $e = 0,05L$  (L = bề rộng đón gió)

Đối với nhà công nghiệp một tầng, ta chọn phương án một để xác định tải trọng gió tác dụng vào công trình. Như vậy, thành phần tải trọng gió chính gồm 3 thành phần gió ngoài, gió trong và gió ma sát ( $W_e, W_i$  và  $W_f$ ) theo công thức đơn giản:  $W = W_e + W_i + W_f$

Giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió chính  $W_k$  tại độ cao tương đương  $z_e$  được xác định theo công thức:  $W_k = W_{3s,10} \cdot k(z_e) \cdot c \cdot G_f$

Trong đó:  $W_{3s,10}$  là áp lực gió 3s ứng với chu kỳ lặp 10 năm;  $k(z_e)$  là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình tại độ cao tương đương  $z_e$ ;

c là hệ số khí động tương ứng với 3 thành phần gió (ngoài, trong và ma sát);

$G_f$  là hệ số hiệu ứng giật.

2.2 Áp lực gió 3 giây chu kỳ lặp 10 năm -  $W_{3s,10}$

$$W_{3s,10} = \gamma_t \cdot W_0$$

Trong đó:  $W_{3s,10}$  là áp lực gió 3 giây ứng với chu kỳ lặp 10 năm, chuyển đổi từ  $W_0$  thông qua hệ số  $\gamma_t$

$W_0$  là áp lực gió cơ sở, lấy theo phân vùng gió trên lãnh thổ Việt Nam theo địa danh hành chính hoặc theo bản đồ phân vùng áp lực gió, giá trị  $W_0$  được trình bày trong bảng (bảng 7 của [1]).

Bảng 1. Giá trị áp lực gió cơ sở  $W_0$  theo bản đồ phân vùng áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam

Vùng áp lực gió	I	II	III	IV	V
$W_0$ (daN/m <sup>2</sup> )	65	95	125	155	185

Đối với các dạng địa hình phức tạp, giá trị  $W_0$  phải lấy theo số liệu của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu hoặc Tổng cục Khí tượng Thủy văn hoặc cơ quan chuyên môn khác có thẩm quyền cung cấp hoặc kết quả khảo sát xây dựng đã được xử lý có kể đến kinh nghiệm sử dụng công trình; lúc này, giá trị  $W_0$  được tính theo công thức:  $W_0 = 0,0613 \cdot V_0^2$

Trong đó:  $V_0$  là vận tốc gió cơ sở - vận tốc trung bình trong khoảng thời gian 3s - chu kỳ lặp 20 năm ở nơi ta tính gió.

$\gamma_t$  là hệ số dùng để chuyển đổi giá trị áp lực gió từ 20 năm xuống 10 năm,  $\gamma_t$  được xác định thông qua hệ số  $K_{s,T}$  dùng để chuyển đổi từ vận tốc gió 3s, 50 năm sang vận tốc gió 3s, 10-20 năm theo bảng sau (bảng 5.2 của [3]).

Bảng 2. Hệ số  $K_{s,T}$  dùng để chuyển đổi từ vận tốc gió 3s, 50 năm sang vận tốc gió 3s, T năm

T (năm)	5	10	20	30	40	50	100
$K_{s,T}$	0,77	0,84	0,91	0,95	0,98	1,00	1,07

Theo bảng tra:  $K_{s,10} = 0,84$  và  $K_{s,20} = 0,91$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V_{3s,10}}{V_{3s,50}} = 0,84 \\ \frac{V_{3s,20}}{V_{3s,50}} = 0,91 \end{array} \right\} \rightarrow \frac{V_{3s,10}}{V_{3s,20}} = \frac{0,84}{0,91} \rightarrow \frac{W_{3s,10}}{W_{3s,20}} = \left( \frac{0,84}{0,91} \right)^2 = 0,852 \rightarrow \gamma_t = 0,852$$

2.3 Hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình -  $k(z_e)$

Hệ số  $k(z_e)$  (Velocity Pressure Exposure Coefficient) kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao tương đương  $z_e$  được xác định theo công thức sau (tham khảo [6]):

$$k(z_e) = 2,01 \cdot \left( \frac{z_e}{z_g} \right)^{2/\alpha}$$

Trong đó: Giá trị  $z_g, z_{min}$  và  $\alpha$  được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình, được lấy theo bảng 9 của [1].

Giá trị hệ số  $k(z_e)$  lấy không lớn hơn 1,99; 1,97 và 1,98 lần lượt đối với các dạng địa hình A, B và C.

$z_e$  là độ cao tương đương của nhà được xác định theo bảng sau:

Bảng 3. Cách xác định độ cao tương đương  $z_e$

Trường hợp	$h \leq b$	$b < h \leq 2b$	$h > 2b$
$z_e$	$z_e = h$	$z > b \rightarrow z_e = h$ $b \geq z > 0 \rightarrow z_e = b$	$z \geq h - b \rightarrow z_e = h$ $z > b \rightarrow z_e = h$ $b \geq z > 0 \rightarrow z_e = b$
	z là độ cao so với mặt đất b là chiều rộng mặt đón gió h là chiều cao của nhà		

Ngoài ra, giá trị  $k(z_e)$  có thể lấy nội suy thông qua bảng đã trình sẵn bảng 9 TCVN 2737-2023[1].

2.4 Hệ số hiệu ứng giật  $G_f$

Hệ số hiệu ứng giật  $G_f$  là hệ số phản ứng của kết cấu dưới tác dụng của tải trọng gió (bao gồm cả thành phần phản ứng tĩnh và thành phần phản ứng động của kết cấu). Hệ số hiệu ứng giật (Gust Effect Factor)  $G_f$  được xác định như sau (tham khảo [6]):

- Đối với kết cấu cứng (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất  $T_1 \leq 1s$ ) thì  $G_f$  có thể lấy bằng 0,85

- Đối với kết cấu mềm (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất  $T_1 > 1s$ ),  $G_f$  tính theo công thức

$$G_f = 0,925 \left( \frac{1 + 1,7I(z_s) \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7g_v I(z_s)} \right)$$

Nhà công nghiệp một tầng thường có chiều cao nhỏ (không lớn hơn 40m), ta có thể xác định  $G_f$  theo công thức đơn giản:

$$G_f = 0,85 + h / 2840 \text{ khi } T_1 = 0,075 \cdot h^{3/4} > 1s \text{ đối với nhà bê}$$

tông cốt thép

$$G_f = 0,85 + h / 1010 \text{ khi } T_1 = 0,085 \cdot h^{3/4} > 1s \text{ đối với nhà thép}$$

Trong đó: h(m) là chiều cao công trình,  $T_1$  là chu kỳ dao động riêng thứ nhất được tính theo công thức 4.6 của [7].

2.5 Hệ số khí động c

Hệ số khí động c bao gồm các thành phần khí động kể đến áp lực ngoài ( $c_e$ ), áp lực trong ( $c_i$ ), ma sát ( $c_f$ ) khi xác định các thành phần gió tương ứng  $W_e, W_i, W_f$ .

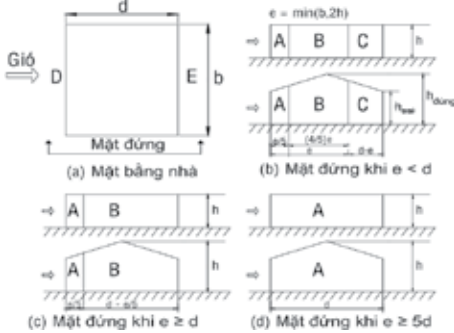
a) Hệ số khí động áp lực ngoài -  $c_e$

Áp dụng vào nhà công nghiệp có mái dốc hai phía, tường thẳng đứng, ta cần xác định hệ số  $c_e$  cho tường và mái thông qua các vùng phân bố gió tương ứng.

- Hệ số  $c_e$  trên mặt đứng cho các vùng áp lực gió A, B, C, D, E trên mặt đứng của nhà công nghiệp có mặt bằng chữ nhật được lấy theo (bảng F.4 của [1]) với các vùng áp lực gió được mô tả như hình sau (Hình F.5A của [1])

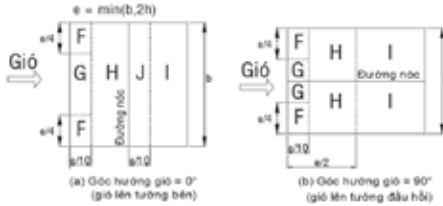
Cách phân vùng và xác định này TCVN tham khảo [5], mục xác định hệ số áp lực ngoài  $c_{pe,10}$ . Tuy nhiên có sự nhầm lẫn ở việc xác định chiều cao nhà khi xác định các vùng gió trên mặt đứng (trường

hợp  $e < d$ ),  $h$  là chiều cao nhà hay chiều cao từ mặt nền tới đỉnh mái chứ không phải đỉnh cột.



**Hình 1.** Các vùng áp lực gió trên mặt đứng của nhà

- Hệ số  $c_e$  trên mái nhà cho các vùng áp lực gió F, G, H, I, J trên mặt đứng của nhà công nghiệp có mặt bằng chữ nhật được lấy theo bảng F.5a và bảng F.5b của [1] với các vùng áp lực gió được mô tả như hình sau (theo hình F.6 của [7])



**Hình 2.** Các vùng áp lực gió trên mái nhà hai mái dốc

b) Hệ số khí động áp lực trong -  $c_i$

Hệ số khí động áp lực trong phụ thuộc vào độ hở của tường chắn ( $\mu$ ) với  $\mu$  là tỷ lệ giữa tổng diện tích lỗ mở của tường chắn và tổng diện tích tường chắn

Khi độ hở  $\mu \leq 5\%$  thì lấy  $c_{i1} = c_{i2} = \pm 0,2$

Đối với mỗi tường nhà, dấu « cộng » hay « trừ » cần được lựa chọn theo điều kiện thực hiện phương án bất lợi nhất của tải trọng

Khi độ hở  $\mu \leq 30\%$  thì lấy  $c_{i1} = -0,5$  và  $c_{i2} = 0,8$

Áp dụng vào nhà công nghiệp thì thường có độ hở  $\mu \leq 5\%$ , ta lấy  $c_{i1} = c_{i2} = \pm 0,2$

c) Hệ số khí động ma sát -  $c_f$

Hệ số  $c_f$  được xác định dựa trên bảng sau tùy thuộc vào vùng gió nơi ta xét đến thành phần ma sát

**Bảng 4.** Hệ số khí động ma sát  $c_f$  ứng với các vùng gió tương ứng

Loại vùng gió	$c_f$
Tường bên có lộ gia nhô ra	0,1
Mái trơn dài khi góc hướng gió $\theta = 90^\circ$	0,02
Mái rãnh cửa	0,04
Mái che lượn sóng	0,04

Lưu ý đây là thành phần gió ma sát tác dụng lên mặt ngoài nhà có chiều cùng với chiều gió thổi, vùng áp lực gió ma sát của nhà  $A_f$  được xác định bằng một phần của diện tích mặt ngoài nhà song song với hướng gió thổi (phương tiếp tuyến) và được tính cách sau mặt đón gió một khoảng  $c$  sao cho  $c < \min(2b, 4h)$  (theo mục 7.5 của [5]).

**2.6 Hệ số độ tin cậy**

TCVN 2737:2023 [1] xác định giá trị tiêu chuẩn gió, dùng để kiểm tra trạng thái giới hạn 2 theo chu kỳ lặp 10 năm, và giá trị tính toán dùng để kiểm tra trạng thái giới hạn 1 theo chu kỳ lặp 430 năm. Dẫn đến hệ số độ tin cậy thay đổi lên  $n = 2,1$ ; So sánh với tiêu chuẩn cũ 2737:1995 [2] chỉ lấy hệ số độ tin cậy là  $n = 1,2$  (công trình tuổi thọ 50 năm) và  $n = 1,37$  (công trình tuổi thọ 100 năm).

Để giải thích giá trị 2,1 của hệ số độ tin cậy, ta vận dụng công thức quy đổi của [8] như sau :  $V_T = V_{50} \cdot (0,36 + 0,1 \ln(12T))$

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_{10}}{V_{50}} &= 0,839 \\ \frac{V_{430}}{V_{50}} &= 1,215 \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{W_{430}}{W_{10}} = \left( \frac{1,215}{0,839} \right)^2 = 2,097 \approx 2,1 \rightarrow$$

$\rightarrow W_{430} = 2,1 \cdot W_{10}$

So sánh với các tiêu chuẩn khác, ta thấy

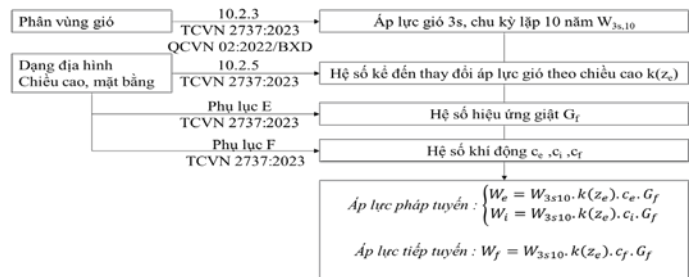
- Tiêu chuẩn Mỹ thiết kế gió ULS với chu kỳ lặp 700 năm cho công trình thường, 1700 năm cho công trình quan trọng.

- Tiêu chuẩn Eurocode thiết kế gió ULS với chu kỳ lặp > 4000 năm.

- Tiêu chuẩn Úc thiết kế gió ULS với chu kỳ lặp 500/1000/2500 năm.

→ TCVN 2737:2023 cập nhật chu kỳ lặp tải trọng gió ULS (trạng thái giới hạn 1) như vậy là hợp lý, hòa nhập với quốc tế và đảm bảo an toàn với tình hình biến đổi khí hậu, bảo ngày càng mạnh như hiện nay.

Tổng kết quy trình xác định giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió như sau:



**Hình 3.** Sơ đồ xác định áp lực gió tiêu chuẩn tác dụng vào nhà công nghiệp một tầng theo TCVN 2737:2023

**3. KẾT LUẬN**

Các bước tính toán tải trọng gió tác dụng lên nhà công nghiệp 1 tầng theo TCVN 2737:2023 đã được trình bày chi tiết có kèm theo các mục tham chiếu cụ thể. Việc xác định tải trọng gió theo tiêu chuẩn mới 2737:2023 chặt chẽ và chi tiết hơn với các hệ số mới kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và dạng địa hình  $k(z_e)$  và hệ số hiệu ứng giật  $G_f$ ; Hệ số khí động cho các vùng khác nhau trên bề mặt công trình giúp xác định chính xác hơn tác dụng cục bộ của tải trọng gió (trên tường, trên mái); Hệ số độ tin cậy được tăng lên bằng 2,1 chứng tỏ sự hợp lý khi đã tăng chu kỳ lặp từ 50 - 100 năm lên 430 năm để phù hợp hơn với tình hình biến đổi khí hậu hiện tại. Tuy nhiên, việc tham khảo, đồng bộ nhiều tiêu chuẩn khác nhau như SNIP, ASCE 7-05 và EN 1991-1-4 sẽ gây khó khăn cho người dùng, cần tham chiếu với các tiêu chuẩn trên khi áp dụng bộ tiêu chuẩn mới này.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tôn Đức Thắng trong Đề tài mã số FOSTECT.2024.14.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. TCVN 2737:2023. Tải trọng và tác động, 2023.
2. TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động, 1995.
3. QCVN 02:2022/BXD. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng, 2022.
4. SNiP 2.01.07-85:1989. Loads and actions - Norm for design., 1989.
5. EN 1991-1-4:2005. Eurocode 1 - Actions on structures; Part 1-4: General actions - Wind actions, 2005.
6. ASCE 7-16. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures, 2017.
7. TCVN 9386:2012. Thiết kế công trình chịu động đất, 2012.
8. J. A.Peterka and S. Sohban, Design Gust Wind Speeds in the United States, 1998.