

**TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG GIÓ TÁC DỤNG LÊN TẤM NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI
THEO TIÊU CHUẨN NHẬT BẢN JIS C 8955 : 2017**
CALCULATION OF WIND LOAD ACTING ON SOLAR PANEL ACCORDING TO
JAPANESE STANDARD JIS C 8955 : 2017

PHẠM QUANG VINH^{a*}

^aViện Khoa học công nghệ xây dựng (IBST)

*Tác giả đại diện: Email: quangvinhphamhau@gmail.com

Ngày nhận 01/6/2024, Ngày sửa 26/6/2024, Chấp nhận 30/6/2024

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2024.vi.vol2-8>

Tóm tắt: Việc thiết kế khả năng chịu tải gió bão cho hệ thống kết cấu năng lượng mặt trời là cực kỳ quan trọng, nhằm giảm thiểu tổn thất kinh tế và nguy cơ mất an toàn khi tấm năng lượng mặt trời và kết cấu đỡ bị gió thổi bay. Bài báo này trình bày phương pháp tính toán tải trọng gió tác động lên kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời theo tiêu chuẩn Nhật Bản JIS C 8955:2017. Nghiên cứu phân tích ảnh hưởng góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời và cấp độ nhám bề mặt địa hình đến tải trọng gió tính toán tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời. Ngoài ra, kết quả và phương pháp tính toán cũng được so sánh với tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737-2023. Kết quả cho thấy tải trọng gió tăng dần theo góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời. Hệ số hiệu ứng giật của tải trọng gió tăng khi độ nhám bề mặt địa hình tăng. Ngoài ra, có một số sự khác biệt về các hệ số và tải trọng gió tính toán tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời giữa hai tiêu chuẩn JIS C 8955-2017 và TCVN 2737-2023. Đối với JIS C 8955-2017, tải trọng gió hướng áp lực âm luôn lớn hơn tải trọng gió hướng áp lực dương, trong khi đó tải trọng gió hướng áp lực dương luôn lớn hơn tải trọng gió hướng áp lực âm đối với TCVN 2737-2023. Kết quả cho thấy, cần có nhiều hơn các nghiên cứu và tiêu chuẩn chi tiết dành cho dạng kết cấu này phù hợp với điều kiện tại Việt Nam.

Từ khóa: Tải trọng gió; tấm năng lượng mặt trời, kết cấu đỡ; thiết kế kết cấu; JIS C 8955:2017; TCVN 2737-2023.

Abstract: Designing wind load resistance for solar panel support structures is crucial to minimize economic losses and safety risks when solar panels and their supporting structures are subjected to strong winds. This paper presents a calculation of wind loads on the solar panel according to the Japanese standard JIS C 8955:2017. The study focuses on the impact of the solar panel's tilt angle

and the surface roughness class on the calculated wind load acting on the solar panel. Additionally, the calculation method and the results are compared with the Vietnamese standard TCVN 2737-2023. The findings indicate that wind loads increase with the tilt angle of the solar panels. The gust effect factor of the wind load increases with the surface roughness class. Furthermore, there are notable differences in the coefficients and calculated wind loads acting on the solar panels between the JIS C 8955-2017 and the TCVN 2737-2023. For the JIS C 8955-2017, the wind load in negative pressure direction is always greater than the wind load in positive pressure direction, whereas for the TCVN 2737-2023, the wind load in positive pressure direction is always greater than the wind load in negative pressure direction. The results highlight the need for more detailed studies and standards tailored to this type of structure, suitable for conditions in Vietnam.

Keywords: Wind Load; Solar Panel, Support Structure; Structural Design; JIS C 8955:2017; TCVN 2737-2023.

1. Giới thiệu

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng tái tạo phổ biến và bền vững, đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới. Theo Hiệp hội Năng lượng Quốc tế (IEA), năng lượng mặt trời chiếm tỷ trọng lớn trong cơ cấu năng lượng tái tạo toàn cầu và dự kiến sẽ tiếp tục tăng mạnh trong những năm tới [1]. Tại Nhật Bản, năng lượng mặt trời đã có sự phát triển vượt bậc sau thảm họa hạt nhân Fukushima năm 2011, với nhiều chính sách hỗ trợ từ chính phủ để thúc đẩy việc mở rộng và sử dụng năng lượng tái tạo. Tại Việt Nam, mặc dù mới chỉ bắt đầu phát triển mạnh từ những năm gần đây, năng lượng mặt trời đã có sự tăng trưởng ấn tượng, đặc biệt là sau khi các chính sách hỗ trợ được ban hành [2].

Các kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời thường là kết cấu lắp ghép bằng vật liệu thép hoặc nhôm, có chiều cao thấp và nhẹ. Phải chịu tác động lớn từ tải trọng gió, đặc biệt là trong các khu vực thường xuyên xảy ra bão và gió mạnh. Vì vậy việc tính toán tải trọng gió phù hợp là rất quan trọng. Tuy nhiên, dạng kết cấu này có lịch sử tương đối ngắn so với các công trình nhà dân dụng và công nghiệp. Việc nghiên cứu và áp dụng các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời vẫn còn hạn chế, cần được đẩy mạnh để đảm bảo an toàn và hiệu quả cho các hệ thống năng lượng mặt trời.

Tại Nhật Bản, sau một thời gian dài thiếu các nghiên cứu và hướng dẫn cho việc thiết kế tải trọng gió cho kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời, đã có nhiều hư hại xảy ra do gió bão (Hình 1) [3]. Việc hư hại của kết cấu năng lượng mặt trời không chỉ gây thiệt hại lớn về kinh tế, mà còn gây nguy hiểm cho

khu vực xung quanh khi các tấm năng lượng mặt trời có thể bị thổi bay theo gió lớn. Theo nghiên cứu của Nihon Keizai Shimbun (日本経済新聞), từ năm 2015 đến năm 2022 đã xảy ra ít nhất 90 vụ tai nạn nguy hiểm liên quan đến các tấm, kết cấu khung đỡ tấm năng lượng mặt trời bị bay hoặc sập. Để giải quyết những vấn đề này, Nhật Bản đã và đang tiến hành tiến hành nhiều nghiên cứu [4], [5], [6] và phát triển các tiêu chuẩn phục vụ việc thiết kế kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời chịu tải trọng gió, tiêu biểu là tiêu chuẩn JIS C 8955:2017[7]. Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn chi tiết và cụ thể về phương pháp tính toán tải trọng cho các hệ thống tấm năng lượng mặt trời, bao gồm tải trọng gió. Bài báo này sẽ phân tích tính toán tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời theo tiêu chuẩn JIS C 8955:2017 [7] và đưa ra so sánh so với tải trọng gió tính theo TCVN 2737-2023 [8].



a) Thành phố Isesaki, tỉnh Gunma, 2015 [3]



b) Thành phố Miyazaki, tỉnh Miyazaki, 2018 [9]

Hình 1. Ví dụ kết cấu và tấm năng lượng mặt trời bị hư hại do gió tại Nhật Bản [3]

2. Tiêu chuẩn và phương pháp tính toán

2.1 Tiêu chuẩn JIS C 8955:2017

JIS C 8955:2017 là tiêu chuẩn Nhật Bản hướng dẫn tính toán các tải trọng tác dụng lên kết cấu năng lượng mặt trời, quy định về phương pháp tính toán tải trọng gió cho kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời. Tiêu chuẩn này đưa ra các công thức và hệ số cần thiết để xác định tải trọng gió dựa trên các yếu tố như tốc độ gió cơ bản, địa hình, và điều kiện lắp đặt.

Tải trọng gió tác động lên kết cấu bao gồm tải tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời (W_a) và tải tác

dụng lên kết cấu đỡ (W_b) được xác định theo Biểu thức 1.

$$W_a = C_a \times q_p \times A_a \quad (1)$$

$$W_b = C_b \times q_p \times A_b \quad (2)$$

Trong đó:

- W_a là tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời;
- W_b là tải trọng gió tác dụng lên hệ kết cấu đỡ;
- C_a là hệ số gió của tấm năng lượng mặt trời;
- C_b là hệ số gió của các cấu kiện kết cấu.
- q_p là áp lực gió thiết kế;

- A_a là diện tích tấm năng lượng mặt trời;
- A_b là diện tích theo phương thẳng đứng của các cấu kiện kết cấu.

Áp lực gió thiết kế q_p được xác định từ tốc độ gió tham chiếu thiết kế, hệ số môi trường và hệ số tầm quan trọng như sau:

$$q_p = 0.6 \times V_0^2 \times E \times I_W \quad (3)$$

Trong đó:

- V_0 là vận tốc gió thiết kế tham chiếu. Giá trị vận tốc gió thiết kế tham chiếu được chỉ định trong phạm

vi từ 30 m/s đến 46 m/s phụ thuộc vào địa điểm xây dựng, dựa trên tính chất của gió được quan sát cục bộ ở các địa điểm tương ứng, chủ yếu dựa trên mức độ nguy hiểm của gió trong các trận bão lớn trước đây.

- E là hệ số môi trường. Hệ số môi trường được xác định như sau:

$$E = E_r^2 \times G_f \quad (4)$$

Trong đó:

- E_r là hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo chiều cao.

$$E_r = 1.7(Z_b/Z_G)^\alpha \text{ when } Z_b > H \text{ and } E_r = 1.7(H/Z_G)^\alpha \text{ when } Z_b < H \quad (5)$$

Trong đó:

Z_b , Z_G , and α là hệ số được tra dựa vào độ nhám của bề mặt (Bảng 1);

- G_f là hệ số hiệu ứng giật được xác định theo Bảng 2, dựa vào độ nhám bề mặt và chiều cao tấm năng lượng mặt trời từ mặt đất. Hệ số hiệu ứng giật tăng khi độ nhám bề mặt tăng.

Bảng 1. Các hệ số Z_b , Z_G , và α (JIS C-8955-2017)

	Độ nhám bề mặt địa hình	Z_b (m)	Z_G (m)	α
I	Ngoài khu vực quy hoạch đô thị, cực kỳ bằng phẳng không có vật cản	5	250	0.1
II	Ngoài khu vực quy hoạch đô thị không thuộc loại 1, hoặc các quận trong khu vực quy hoạch đô thị không thuộc loại 1, 2, 3, nhưng không cách bờ biển quá 500 m	5	350	0.15
III	Các khu vực không thuộc loại I, II, IV	5	450	0.2
IV	Trong khu vực quy hoạch đô thị, mà cơ quan hành chính nhà nước xác định là khu vực đô thị hóa đáng kể	10	550	0.27

Bảng 2. Hệ số hiệu ứng giật (JIS C-8955-2017)

Độ nhám bề mặt	Chiều cao trung bình của bề mặt tấm PV (m)		
	(1)	(2)	(3)
	≤ 10	$10 < 10 < 40$	> 40
I	2	Nội suy từ (1) và (3)	1.8
II	2.2		2
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

Hệ số gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời được chia thành hệ số với áp lực gió dương (áp lực gió vuông góc với tấm năng lượng mặt trời và hướng từ trên xuống) và áp lực gió âm (áp lực gió vuông góc với tấm năng lượng mặt trời và hướng từ dưới lên). Hình 2 thể hiện sơ đồ áp lực gió dương và gió âm tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời. Hệ số gió dương

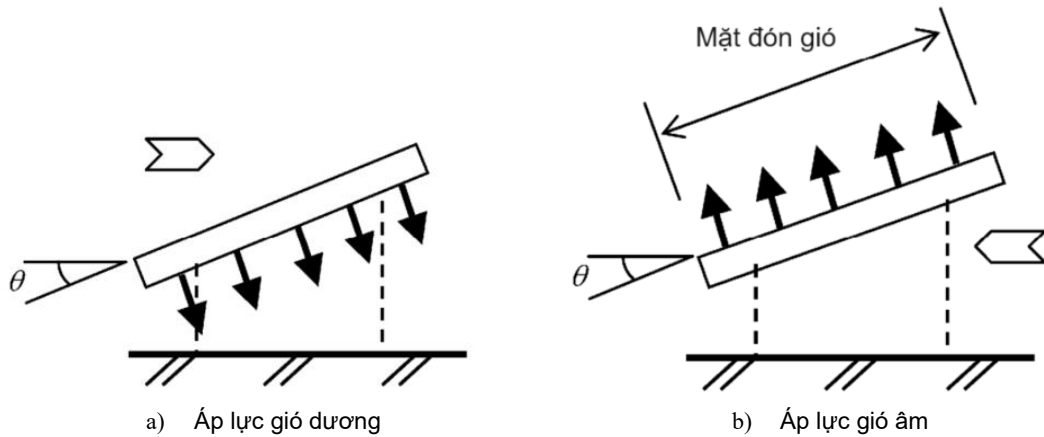
và âm được xác định dựa vào độ nghiêng của tấm năng lượng mặt trời và vị trí lắp đặt hệ thống năng lượng mặt trời: trên mặt đất, trên mái nhà bằng hay trên mái nhà dốc. Trong bài báo này, sẽ chỉ đề cập đến hệ số gió với công trình lắp đặt trên mặt đất. Đối với dạng lắp đặt này, hệ số gió được tính toán như sau:

- Hệ số gió hướng áp lực gió dương (Hình 2-a).

$$C_a = 0.35 + 0.055\theta - 0.0005\theta^2, \text{ trong đó } 5^\circ \leq \theta \leq 60^\circ \quad (6)$$

- Hệ số gió hướng áp lực gió âm (Hình 2-b).

$$C_a = 0.85 + 0.048\theta - 0.0005\theta^2, \text{ trong đó } 5^\circ \leq \theta \leq 60^\circ \quad (7)$$



Hình 2. Sơ đồ tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời - JIS

Cuối cùng, I_w là hệ số tầm quan trọng của hệ thống điện năng lượng mặt trời, $I_w = 1$ với hệ thống thông thường (tương ứng với chu kỳ lặp 50 năm của tải trọng gió), $I_w = 1.32$ với hệ thống năng lượng có tầm quan trọng cao. JIS C 8955 đặt ra khoảng thời gian lặp lại của tốc độ gió theo hai giai đoạn tùy theo tầm quan trọng của hệ thống PV tùy thuộc vào hệ số sử dụng và khoảng thời gian tương đương 50 năm đối với "hệ thống phát điện mặt trời thông thường" và với "hệ thống phát điện năng lượng mặt trời quan trọng có độ quan trọng cao" là tương đương với 200 năm. Về cơ bản, chu kỳ quay trở lại của tốc độ gió phải được thiết lập không chỉ theo tầm quan trọng của hệ thống năng lượng mặt trời mà còn theo tuổi thọ sử dụng của hệ thống và hiệu suất cần thiết.

2.2 Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737-2023

Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737-2023 cung cấp các hướng dẫn về tính toán tải trọng gió cho các công trình xây dựng, đưa ra các hệ số và công thức tính toán khác nhau để xác định tải trọng gió dựa trên điều kiện khí hậu và địa hình của Việt Nam. Tuy nhiên, tiêu chuẩn này không đề cập đến kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời. Hiện nay, Việt Nam chưa có tiêu chuẩn dành riêng cho dạng kết cấu này. Do đó, bài báo này sử dụng các hệ số dành cho kết cấu mái che, được đề cập trong TCVN 2737-2023 để tính cho kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời. Điều này đảm bảo rằng các tính toán được thực hiện dựa trên nền tảng

tiêu chuẩn hiện có, mặc dù chúng chưa toàn bộ phù hợp với đặc thù của kết cấu nâng đỡ tấm năng lượng mặt trời.

Theo TCVN 2737-2023, giá trị tiêu chuẩn của tải trọng gió W_k tại độ cao tương đương Z_e được xác định theo công thức:

$$W_k = W_{3s,10} \cdot k(Z_e) \cdot c \cdot G_f \quad (8)$$

Trong đó:

- $W_{3s,10}$ là áp lực gió 3s ứng với chu kỳ lặp 10 năm. $W_{3s,10} = \gamma_T W_0$, với $\gamma_T = 0.852$, là hệ số chuyển đổi áp lực gió từ chu kỳ lặp từ 20 năm xuống 10 năm;

- W_0 là áp lực gió cơ sở, tương ứng với vận tốc gió cơ sở V_0 (vận tốc gió được lấy trung bình trong khoảng thời gian 3 s, chu kỳ lặp 20 năm, bị vượt trung bình một lần trong khoảng thời gian 20 năm, ở độ cao 10 m so với mốc chuẩn, tương ứng với địa hình dạng B) tính bằng daN/m². W_0 được xác định theo vùng áp lực gió trên bản đồ phân vùng áp lực gió trên lãnh thổ Việt Nam hoặc $W_0 = 0.0613V_0^2$;

- $k(Z_e)$ 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 . Được xác định theo công thức sau:

$$k(Z_e) = 2.01 \left(\frac{Z_e}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \quad (9)$$

Trong đó: Z_e là độ cao tương đương; Z_e lấy không nhỏ hơn Z_{min} theo Bảng 3; Z_g là độ cao gradient, được xác định phụ thuộc vào dạng địa hình,

lấy theo Bảng 3; α là hệ số dùng trong hàm lũy thừa đối với vận tốc gió 3s, lấy theo Bảng 3.

Có thể thấy rằng, cả JIS C 8955-2017 và TCVN 2737-2023 đều phân loại địa hình dựa theo chiều cao và mật độ của vật cản. Tuy nhiên, JIS C 8955-2017 chi tiết hơn cho từng loại địa hình đô thị, trong khi đó TCVN 2737-2023 phân loại một cách tổng quan và dễ áp dụng cho các loại khu vực địa hình khác nhau.

- c là hệ số khí động, được lấy tương tự đối với kết cấu mái che sơ đồ III và IV, được mô phỏng trong Hình 3. Hệ số c_e cho mái che sơ đồ III và IV được thể hiện trong Bảng 4;

- G_f là hệ số hiệu ứng giạt, có thể lấy bằng 0,85 đối với kết cấu “cứng” (có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất $T_1 \leq 1$ s). Đối với kết cấu thép có chu kỳ dao động riêng cơ bản thứ nhất >1 s và chiều cao không quá 150m có thể được xác định theo công thức 10.

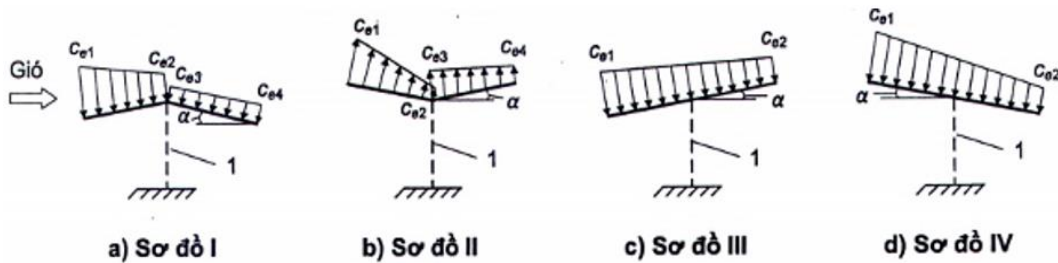
$$G_f = 0.85 + h/1010 \quad (10)$$

Trong đó: h là chiều cao công trình.

Tuy nhiên, dạng kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời không được đề cập trong TCVN 2737-2023, do đó trong nghiên cứu này hệ số hiệu ứng giạt G_f được lấy bằng 1.0.

Bảng 3. Các hệ số Z_g , Z_{min} và α (Bảng 8, TCVN 2737-2023)

Địa hình	Mô tả dạng địa hình	Giá trị Z_g , m	Giá trị Z_{min} , m	Giá trị α
A	Trống trải, không có hoặc có rất ít vật cản cao không quá 1,5 m (bờ biển thoáng, mặt sông, hồ lớn, đồng muối, cánh đồng không có cây cao...).	213,36	2,13	11,5
B	Tương đối trống trải, có một số vật cản thưa thớt cao không quá 10 m (vùng ngoại ô ít nhà, thị trấn, làng mạc, rừng thưa hoặc rừng non, vùng trồng cây thưa...).	274,32	4,57	9,5
C	Bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản sát nhau cao từ 10 m trở lên (trong thành phố, vùng rừng rậm...).	365,76	9,14	7,0



Hình 3. Các sơ đồ phân bố hệ số c_e cho mái che [8]

Bảng 4. Hệ số c_e cho mái che sơ đồ III và IV [8]

Loại sơ đồ	α^0	c_{e1}	c_{e2}
III	10	1.4	0.4
	20	1.8	0.5
	30	2.2	0.6
IV	10	1.3	0.2
	20	1.4	0.3
	30	1.6	0.4

3. Ví dụ tính toán và kết quả

Trong phần này, tải trọng gió tác dụng lên một tấm năng lượng mặt trời điển hình sẽ được tính toán theo cả tiêu chuẩn Nhật Bản JIS C 8955-2017 và TCVN 2727-2023. Kết cấu năng lượng mặt trời có chiều cao $h=1.5$ m, độ nghiêng từ 5 đến 60 độ. Kích

thước 2384 x 1030mm. Vận tốc gió thiết kế giả thiết là 30m/s (trung bình 10 phút, chu kỳ lặp 100 năm, theo JIS C 8955-2017). Vận tốc gió tương đương theo TCVN 2737-2023, vận tốc gió 3s chu kỳ lặp 20 năm, $V_0 = 30 \times 1.42 \times 0.91/1.07 = 36.2$ m/s. Trong đó, 1,42 là hệ số đổi vận tốc gió 10 phút về vận tốc gió 3s [10]; 0,91 là hệ số quy đổi từ chu kỳ lặp 50 năm

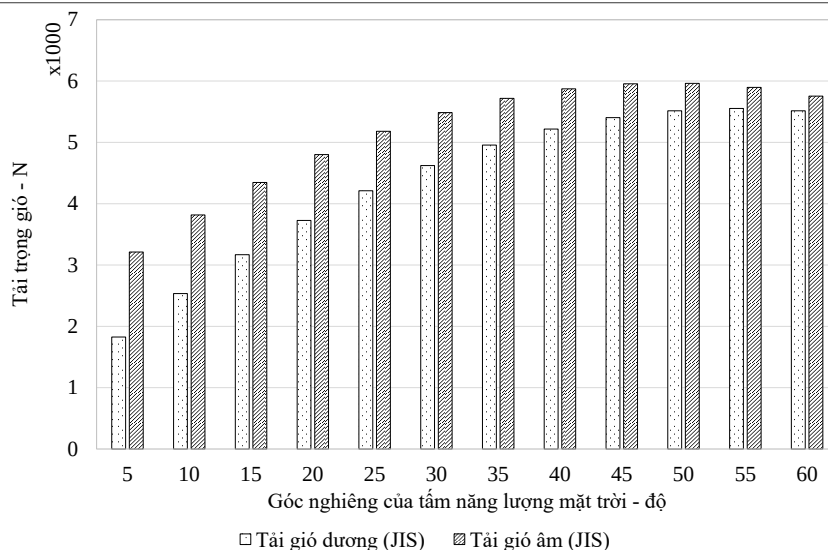
về chu kỳ lặp 20 năm và $1/1,07$ là hệ số đổi chu kỳ lặp từ 100 năm về 50 năm, theo Bảng 5.2 QCVN 02:2022 [11]. Hệ số tầm quan trọng của hệ thống điện năng lượng mặt trời $I_W = 1$ với hệ thống phát điện mặt trời thông thường.

Bảng 5 thể hiện kết quả tính toán các hệ số và tải trọng gió lên tấm năng lượng mặt trời (đơn vị: N) theo JIS với các giá trị góc nghiêng từ 5-60 độ và độ nhám bề mặt địa hình tương đương loại II theo JIS và loại địa hình B theo TCVN. Có thể thấy rằng, hệ số gió và tải trọng gió tăng dần theo góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời. Tải trọng gió âm luôn cao hơn tải

trọng gió dương ở tất cả các góc nghiêng được khảo sát. Ngoài ra, mức tăng tải trọng gió dương như đạt đỉnh và ổn định từ góc nghiêng 30 độ trở lên đối với cả hai hướng gió. Điều này cho thấy, việc điều chỉnh góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời có thể ảnh hưởng đáng kể đến tải trọng gió mà hệ thống phải chịu, đặc biệt trong điều kiện gió âm. Biểu đồ trong Hình 4 minh họa sự thay đổi của tải trọng gió (N) theo góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời (độ) đối với hai trường hợp gió: gió dương và gió âm. Tải trọng gió được biểu diễn bằng cột màu xanh cho gió dương và cột màu cam cho gió âm.

Bảng 5. Kết quả các hệ số và tải trọng tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời theo JIS C 8955-2017, với các độ dốc khác nhau của tấm năng lượng mặt trời

Góc nghiêng °	C_{a+}	C_{a-}	G_f	E_r	E	q_p (N/m ²)	W_{a+} (N)	W_{a-} (N)
5	0.61	1.08	2.2	0.90	1.78	960	1826	3213
10	0.85	1.28	2.2	0.90	1.78	960	2534	3816
15	1.06	1.46	2.2	0.90	1.78	960	3168	4346
20	1.25	1.61	2.2	0.90	1.78	960	3727	4800
25	1.41	1.74	2.2	0.90	1.78	960	4211	5180
30	1.55	1.84	2.2	0.90	1.78	960	4621	5486
35	1.66	1.92	2.2	0.90	1.78	960	4957	5717
40	1.75	1.97	2.2	0.90	1.78	960	5218	5874
45	1.81	2.00	2.2	0.90	1.78	960	5404	5956
50	1.85	2.00	2.2	0.90	1.78	960	5516	5963
55	1.86	1.98	2.2	0.90	1.78	960	5553	5896
60	1.85	1.93	2.2	0.90	1.78	960	5516	5754



Hình 4. Ảnh hưởng của góc nghiêng đến tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời

Bảng 6 thể hiện kết quả tính toán các hệ số và tải trọng tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời theo TCVN 2737-2023, với các độ dốc khác nhau 10, 20, và 30 độ, tương ứng với các góc nghiêng được đề

cập trong bảng F.9 TCVN 2737-2023. Trong đó, c_e là giá trị trung bình của hệ số c_{e1} và c_{e2} dành cho mái che sơ đồ III (gió dương) và sơ đồ IV (gió âm). Có thể thấy rằng tải trọng gió cũng tăng khi góc

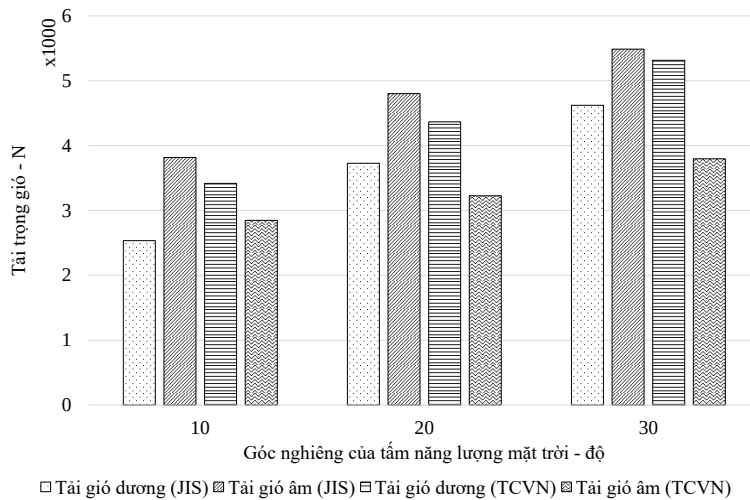
ngiêng tăng. Tuy nhiên, ngược lại với kết quả theo JIS, kết quả tính toán theo TCVN cho thấy tải trọng gió dương luôn lớn hơn tải gió âm.

Biểu đồ trong Hình 5 so sánh tải trọng gió tính toán theo JIS C 8955-2017 và tải trọng gió tính theo TCVN 2737-2023 đã nhân với hệ số độ tin cậy của tải trọng gió bằng 2.1. Có thể thấy rằng theo JIS C 8955-2017, tải trọng gió hướng áp lực âm là lớn đáng kể so với hướng áp lực gió dương, trong khi đó kết quả theo TCVN 2737-2023 thì ngược lại. Ngoài ra, giá trị về tải gió tính toán cũng có khác biệt lớn đối với cả trường hợp gió dương và gió âm, điều này chủ

yếu do sự khác biệt về giá trị hệ số gió (hệ số khí động trong TCVN 2737-2023, dành cho kết cấu mái che). Ngoài ra, các yếu tố khác bao gồm: sự khác nhau về vận tốc gió thiết kế, JIS C 8955-2017 sử dụng vận tốc gió trung bình 10 phút với chu kỳ lặp 100 năm trong khi TCVN 2737-2023 sử dụng vận tốc gió trung bình trong 3 giây với chu kỳ lặp lại 20 năm; sự khác nhau giữa phân loại độ nhám bề mặt địa hình theo JIS C 8955-2017 và phân loại địa hình theo TCVN 2737-2023; tải trọng gió tính theo JIS C 8955-2017 là để dành cho tính toán theo ứng suất cho phép, trong khi đó tải trọng gió tính theo TCVN 2737-2023 dành cho tính toán theo trạng thái giới hạn.

Bảng 6. Kết quả các hệ số và tải trọng tác dụng lên tấm năng lượng mặt, với các độ dốc khác nhau của tấm năng lượng mặt trời theo TCVN 2737-2023

Góc nghiêng °	C_e (sơ đồ III)	C_e (sơ đồ IV)	G_f	$k(Z_e)$	$W_{3s,10}$ (N/m ²)	W_{k+} (N)	W_{k-} (N)
10	0.9	0.8	1.0	0.85	686	1627	1356
20	1.2	0.9	1.0	0.85	686	2079	1536
30	1.4	1.0	1.0	0.85	686	2531	1808



Hình 5. So sánh kết quả tải trọng gió tính toán theo JIS và TCVN

Bảng 7 so sánh tải trọng gió tính toán theo JIS C 8955-2017 với các cấp độ nhám bề mặt khác nhau cho trường hợp góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời là 20 độ. Có thể thấy rằng, hệ số môi trường giảm khi độ nhám bề mặt tăng, trong khi đó ngược lại hệ số giật tăng khi độ nhám bề mặt tăng. Tuy nhiên, độ tăng của hệ số giật là thấp hơn đáng kể so với sự giảm của hệ số môi trường, do đó tải trọng gió có xu hướng giảm khi độ nhám bề mặt tăng, đặc biệt có sự khác biệt lớn về tải trọng gió giữa độ nhám bề mặt I, II, và III.

Bảng 8 thể hiện kết quả tải trọng gió với các dạng địa hình khác nhau. Khác với JIS C 8955-2017, TCVN 2737-2023 phân chia dạng địa hình (tương đương với độ nhám) theo 3 cấp khác nhau A, B và C. Có thể thấy rằng hệ số $k(Z_e)$ giảm khi độ nhám bề mặt tăng, tuy nhiên giá trị G_f là không đổi với các dạng địa hình khác nhau. Kết quả là tải trọng gió giảm khi độ nhám bề mặt tăng, tuy nhiên độ khác nhau là không lớn so với kết quả tính theo JIS.

Bảng 7. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt tới tải trọng gió theo tiêu chuẩn JIS

Độ nhám bề mặt	E	Gf	W_{a+} (N)	W_{a-} (N)
I	2.64	2	5542	7138
II	1.78	2.2	3727	4800
III	1.19	2.5	2504	3226
IV	1.03	3.1	2158	2779

Bảng 8. Ảnh hưởng của độ nhám bề mặt tới tải trọng gió theo TCVN

Dạng địa hình	$k(Z_e)$	G_f	W_{k+} (N)	W_{k-} (N)
A	0.90	1.0	2209	1633
B	0.85	1.0	2079	1536
C	0.70	1.0	1716	1268

4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo này đã trình bày phương pháp tính toán và ví dụ tính toán tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời theo tiêu chuẩn Nhật Bản JIS C 8955-2017. Ảnh hưởng của góc nghiêng và độ nhám bề mặt của tấm năng lượng mặt trời đến kết quả tải trọng gió cũng đã được nghiên cứu và so sánh với kết quả tính theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737-2023. Từ kết quả tính toán và so sánh, có thể rút ra các kết luận sau:

- Tải trọng gió tăng dần theo góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời. Điều này cho thấy việc điều chỉnh góc nghiêng của tấm năng lượng mặt trời có thể ảnh hưởng đáng kể đến tải trọng gió. Theo JIS C 8955-2017, tải trọng gió âm luôn cao hơn tải trọng gió dương ở tất cả các góc nghiêng được khảo sát, ngược lại với TCVN 2737-2023;

- Hệ số môi trường giảm và hệ số hiệu ứng giật tăng khi độ nhám bề mặt địa hình tăng. Tuy nhiên, độ tăng của hệ số hiệu ứng giật là thấp hơn đáng kể so với sự giảm của hệ số môi trường, do đó tải trọng gió có xu hướng giảm khi độ nhám bề mặt tăng;

- Để cải thiện an toàn và hiệu quả hệ thống năng lượng mặt trời ở Việt Nam, cần thực hiện nhiều hơn các nghiên cứu để phát triển các tiêu chuẩn và hướng dẫn dành riêng cho dạng kết cấu này.

Nghiên cứu này chỉ tập trung vào tải trọng gió tác dụng lên tấm năng lượng mặt trời. Các vấn đề khác liên quan đến sự khác nhau về vận tốc gió thiết kế, tổ hợp giá trị tải gió tác dụng và phương pháp tính toán thiết kế cho kết cấu khung kết cấu đỡ tấm năng lượng mặt trời là chưa được xét đến và sẽ được đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] International Energy Agency IEA (2024), “Electricity 2024 - Analysis and forecast to 2026,” [Online]. Available: www.iea.org.

[2] Thủ tướng Chính phủ, “Quyết định 215/QĐ-TTg 2024 Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia đến năm 2030,” 2024.

[3] Koji Takamori (2018), “Factual Situation of Strong Wind Damages on Photovoltaic Systems and Background on Creating the Manual of Wind Resistant,” Wind Engineers, JAWE, vol. 43, no. 2.

[4] Koji Takamori, Daisuke Somekawa, Tomohiro Matsumoto, Kichiro Kimura, and Yasufumi Konishi (2020), “Recent Studies on the Wind Resistance Design for Photovoltaic Systems,” Wind Engineers, JAWE, vol. 45, no. 2.

[5] Y. Maeda, K. Takamori, N. Takehana, W. Takano, and Y. Onode (2018), “Wind Resistance Test for Photovoltaic Array Frame Using Large Air Pressure Chamber,” in Grand Renewable Energy 2018 Proceedings, Yokohama.

[6] Koji Takamori (2022), “Structural Safety of Photovoltaic Systems,” in the 2nd Annual Conference of the Japanese Photovoltaic Society.

[7] Japanese Standards Association, JIS C 8955:2017, Design guide on structures for photovoltaic arrays. 2017.

[8] Viện Khoa học công nghệ xây dựng, TCVN 2737:2023 Loads and actions. 2023.

[9] Shinichi Kato (2019), “強風に揺すられ、スクリー杭が抜けアレイが吹き飛ぶ,” Nikkei Business Publications.

[10] E. Simiu and R. H. Scanlan (1996), Wind Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design.

[11] Bộ Xây dựng (2022), QCVN 02:2022/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.