

Nghiên cứu tính toán thanh định hình giảm nhiệt theo SP 260.1325800.2023

Research on design thermal profiles according to SP 260.1325800.2023

> TS NGUYỄN LỆ THỦY

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Email: nlthuy.hau@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày khái quát chung về thanh định hình giảm nhiệt, việc sử dụng chúng cho các kết cấu bao che của nhà, cũng như phương pháp tính toán cấu kiện thanh định hình giảm nhiệt theo tiêu chuẩn “Kết cấu thép thành mỏng làm bằng thép tạo hình nguội mạ kẽm và tấm sóng - Quy tắc thiết kế” của Liên bang Nga SP 260.1325800.2023. Đồng thời, thực hiện ví dụ số minh họa việc tính toán đặc trưng hình học tiết diện đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm và cấu kiện chịu uốn thuần túy, nhằm làm sáng tỏ hơn lý thuyết tính toán cấu kiện thanh định hình giảm nhiệt có rãnh ở bụng.

Từ khóa: Kết cấu thép; tạo hình nguội; thiết kế; thanh định hình giảm nhiệt; SP 260.1325800.2023.

ABSTRACT

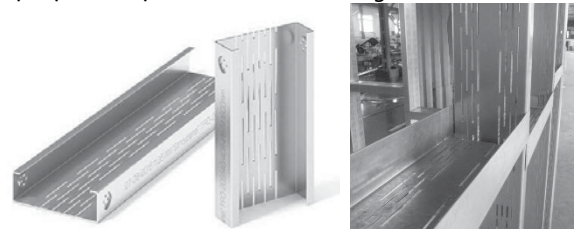
The article presents a general overview of thermal profiles, their use for building enclosure structures, as well as the method of calculating thermal insulation profiles according to the standard “Cold-formed thin-walled steel profile and galvanized corrugated plate constructions - Design rules” of the Russian Federation SP 260.1325800.2023. At the same time, an illustrative calculation example is performed to illustrate the calculation of cross-sectional characteristics for compression and bending members, in order to clarify the theory of calculating thermal insulation profiles with grooves in the web.

Keywords: Steel structures; cold forming; design; thermal profiles; SP 260.1325800.2023.

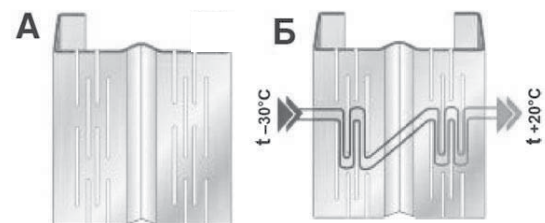
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấu kiện thanh thành mỏng tạo hình nguội nói chung được sử dụng khá phổ biến hiện nay, hình thức tiết diện đa dạng nhưng phổ biến hơn cả là tiết diện chữ C, Z, Σ , mũ v.v.. Việc tính toán cấu kiện thành mỏng tạo hình nguội có thể sử dụng các tiêu chuẩn tiên tiến trên thế giới, chẳng hạn như tiêu chuẩn châu Âu (EN 1993-1-3), Mỹ (AISI S100-16), Trung Quốc (GB 50018-2002), Úc/New Zealand (AS/NZS

4600:2018), Liên bang Nga (SP 260.1325800.2023) v.v., ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn riêng cho loại kết cấu này, kế hoạch biên soạn Tiêu chuẩn Việt Nam dự kiến dựa trên cơ sở tham khảo SP 260.1325800.2023. Thấy rằng, SP 260.1325800.2023 có đề cập đến loại thanh định hình giảm nhiệt (термопрофиль - thermal profile) [4], chúng được sử dụng cho các kết cấu bao che (chẳng hạn, tấm tường hoặc tấm mái) trong các nhà có yêu cầu cách nhiệt (nhà có sưởi, kho lạnh, kho bảo ôn). Hình 1 minh họa thanh định hình giảm nhiệt có rãnh ở phần bụng, và việc sử dụng chúng trong khung của kết cấu bao che cho nhà [6]. Hình 2 minh họa việc truyền nhiệt từ các cánh cửa tiết diện khi nhiệt độ chênh lệch là âm 30 °C và dương 20 °C.



Hình 1. Thanh định hình giảm nhiệt và sử dụng trong khung



Hình 2. Minh họa sự giảm nhiệt trong thanh

2. CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN THANH ĐỊNH HÌNH GIẢM NHIỆT

2.1. Cấu tạo

Lựa chọn thanh định hình giảm nhiệt, loại rãnh lỗ bố trí dọc theo phần bụng của thanh định hình.

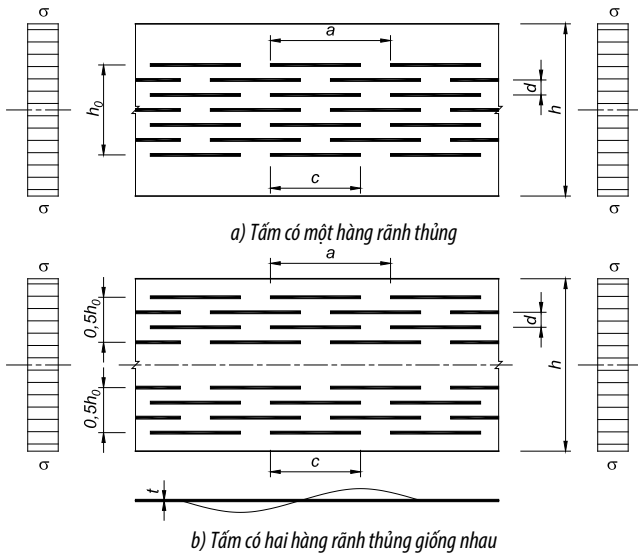
- Chiều dài thanh: chiều dài theo yêu cầu từ 0,1 m đến 12,0 m, dung sai theo chiều dài ± 1 mm.

- Chiều cao tiết diện thanh (kích thước phủ bì, đơn vị là mm): 104; 124; 154; 179; 204; 254.

Chiều dày thép S (đơn vị là mm): 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0.

2.2. Tính toán [3], [4]

Thanh định hình giảm nhiệt thành mỏng tạo hình nguội (chữ U, Σ , C và chữ Z) có các rãnh thung ở bụng (Hình 3) phải được tính toán có kể đến ảnh hưởng của các khe rãnh đến ứng suất mất ổn định tới hạn σ_{cr} của các tấm có rãnh thung [4].



Hình 3. Các thông số rãnh thung của thanh định hình giảm nhiệt
Phương pháp tính toán dưới đây cho phép sử dụng các tấm có kích thước và vị trí của các khe rãnh thỏa mãn điều kiện (7.85) trong [4]:

$$\frac{a}{h} < 0,907 + 0,832\left(\frac{c}{a}\right) - 8,84\left(\frac{d}{a}\right) + 0,944\left(\frac{h_0}{h}\right) \quad (1)$$

trong đó: a, c, d, h, h_0 là các kích thước nêu trên Hình 3.

Trong trường hợp tổng quát đối với bụng hoặc cánh (xem Hình 3) dạng tấm có rãnh thung và phân bố ứng suất không đều trên chiều rộng, ứng suất mất ổn định tới hạn trong giai đoạn đàn hồi có thể được xác định theo các công thức (7.86) đến (7.89) trong [4]:

$$\sigma_{cr} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 D}{h^2 t} = k_{\sigma} \frac{\pi^2 E t^2}{12(1-\nu^2) h^2} \quad (2)$$

trong đó:

$$k_{\sigma} = \frac{8(1 + \sqrt{k_2 + k_2\nu - \nu})}{\sqrt{(1 + \psi)^2 + 0,112(1 - \psi)^2 + (1 + \psi)}} \quad (3)$$

$$k_2 = \frac{kh}{kh_1 + h_0} \quad (4)$$

$$k = 24(1 - \nu)\beta \frac{d^2}{ac} \quad (5)$$

ở đây:

D là độ cứng trụ của tấm;

a là bước của các rãnh lỗ dọc theo chiều dài của tấm;

c là chiều dài của một rãnh lỗ;

d là bước của các rãnh lỗ theo phương chiều rộng tấm;

h là chiều rộng lý thuyết của tấm, xác định theo 7.2.5 trong [4];

h_0 là chiều rộng của phần tấm có khe rãnh;

h_1 là tổng chiều rộng của các phần tấm không có khe rãnh, $h_1 = h - h_0$;

ν là hệ số Poisson ($\nu = 0,3$);

ψ là tỉ số giữa ứng suất nhỏ hơn và ứng suất lớn hơn (có kể đến dấu, khi nén được coi là dương);

β là hệ số, xác định theo Bảng 1.

Bảng 1. Giá trị hệ số β

a/d	2,5	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	∞
β	0,249	0,263	0,281	0,299	0,307	0,313	0,333

Độ mảnh quy ước của tấm $\bar{\lambda}_p$ được xác định theo công thức (7.19) trong [4] phụ thuộc vào ứng suất tới hạn σ_{cr} , tính theo công thức (2). Tiếp theo, tìm hệ số giảm ρ theo 7.3.1.7 hoặc 7.3.1.8 và xác định chiều rộng hữu hiệu theo Bảng 7.2 và Bảng 7.3 trong [4].

Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng mép (nếu có) của thanh định hình giảm nhiệt trên bụng được thực hiện với việc thay K_1 bằng $K_{1,r}$ được xác định theo công thức (7.90) trong [4]:

$$K_{1,r} = k_2 \cdot K_1 \quad (6)$$

trong đó:

K_1 là độ cứng của lò xo đàn hồi mềm, xác định theo công thức (7.35) trong [4]:

$$K_1 = \frac{E \cdot t^3}{4(1-\nu^2)} \cdot \frac{1}{b_1^2 h_w + b_1^3 + 0,5b_1 \cdot b_2 \cdot h_w \cdot k_f} \quad (7)$$

k_2 là hệ số, xác định theo công thức (4).

Khả năng chịu lực của tiết diện ngang thanh định hình giảm nhiệt do tác dụng của lực ngang và dưới tác dụng đồng thời của lực dọc, lực ngang và mô men uốn với việc thay V_w bằng $V_{w,term}$, được xác định theo công thức (7.91) trong [4]:

$$V_{w,term} = V_w \left(1 - \frac{c}{a}\right) \left(2\sqrt{3} \frac{d}{a-c}\right) \quad (8)$$

trong đó:

$$\left(2\sqrt{3} \frac{d}{a-c}\right) \leq 1;$$

V_w là khả năng chịu lực của tiết diện ngang đặc (không có khe rãnh) do tác dụng của lực ngang, được xác định theo công thức (8.41) trong [4]:

$$V_w = \frac{\gamma_c h_w t f_v}{\sin \alpha} \quad (9)$$

Tính toán chịu ép mặt và mất ổn định của bụng có rãnh thung của thanh định hình giảm nhiệt chịu tác dụng của phản lực gối tựa hoặc lực ngang cục bộ khác tác động lên cánh được thực hiện với việc thay t bằng t_{ef} được xác định theo công thức (7.92) trong [4]:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_2 \cdot t} \quad (10)$$

trong đó:

k_2 là hệ số, xác định theo công thức (4);

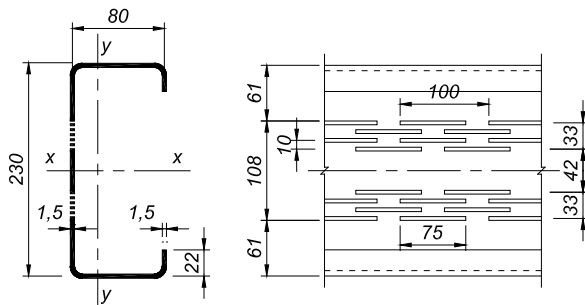
t là chiều dày tính toán của bụng.

3. VÍ DỤ MINH HỌA

Dữ liệu ban đầu: Thanh định hình giảm nhiệt có kích thước tiết diện ngang và vị trí của các rãnh được thể hiện trong Hình 4. Vật liệu thanh định hình - thép mác 350 theo TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014) có cường độ tính toán $f_{yd} = 335$ MPa [1]. Các rãnh trên bản bụng thanh định hình có được bằng cách loại bỏ vật liệu [7].

Đặc trưng hình học của toàn bộ tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt (với số lần cắt tối đa trên tiết diện): $A = 5,94$ cm²; $I_x = 503,6$ cm⁴; $I_y = 51,9$ cm⁴; $W_x = 43,8$ cm³; $W_y = 9,3$ cm³.

Các thông số của tấm đục lỗ được thể hiện trên Hình 4. Theo đó, $a = 100$ mm là khoảng cách của các lỗ rãnh theo phương chiều dài tấm; $c = 75$ mm là chiều dài khe đục; $d = 10$ mm là bước của các lỗ có rãnh theo chiều rộng của tấm; $h_{0,1} = 33$ mm là chiều rộng của phần có khía; $n_r = 2$ là số hàng có khía dọc theo chiều rộng của tấm; $h = b_p = 225,7$ mm là chiều rộng lý thuyết của tấm; $h_1 = h - h_{0,1} \cdot n_r = 159,7$ mm là chiều rộng của các phần tấm không có rãnh; $h_0 = h_{0,1} \cdot n_r = 66$ mm là chiều rộng của các phần tấm có khía.



Hình 4. Kích thước tiết diện ngang và vị trí của các rãnh trên thanh định hình giảm nhiệt
 Kích thước của các khía và vị trí của chúng trong phần tử tiết diện phải thỏa mãn yêu cầu theo công thức (1):

$$\frac{100}{225,7} = 0,44 < 0,907 + 0,832 \times \frac{75}{100} - 8,84 \times \frac{10}{100} + 0,944 \times \frac{66}{225,7} = 0,923.$$

Yêu cầu: Xác định tiết diện ngang hữu hiệu cho các bài toán khi chịu nén đúng tâm và khi chịu uốn thuần túy.

Lời giải:

Bài toán 1. Xác định tiết diện hữu hiệu của thanh định hình giảm nhiệt khi chịu nén đúng tâm

Bước lập 1

Bước 1. Xác định tiết diện hữu hiệu của bản bụng đục lỗ:

a) Giá trị của hệ số k_{σ} được xác định theo công thức (3) - (5):

- Dựa vào tỉ số a/d ở Bảng 1, tìm giá trị của hệ số β

$$a/d = 100/10 = 10 \rightarrow \beta = 0,313$$

- Hệ số k được xác định theo công thức (5):

$$k = 24 \times (1 - 0,3) \times 0,313 \times \frac{10^2}{100 \times 75} = 0,07$$

- Hệ số k_2 được xác định theo công thức (4):

$$k_2 = \frac{0,07 \times 225,7}{0,07 \times 159,7 + 66} = 0,205$$

- Hệ số k_{σ} được xác định theo công thức (3) khi $\psi = 1$ cho trường hợp tấm bị nén đều:

$$k_{\sigma} = \frac{8 \times (1 + \sqrt{0,205} + 0,205 \times 0,3 - 0,3)}{\sqrt{(1+1)^2 + 0,112 \times (1-1)^2} + (1+1)} = 2,43$$

b) Ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 2,43 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 225,7^2} = 20 \text{ MPa}$$

c) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd}/\sigma_{cr}} = \sqrt{335/20} = 4,093$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.16) trong [4] với $\bar{\lambda}_p > 0,673$ đối với các tấm được ngàm trên các cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,093 - 0,055 \times (3 + 1)}{4,093^2} = 0,23$$

d) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo Bảng 7.2 trong [4]:

$$b_{ef} = \rho \cdot b = 0,23 \times 225,7 = 51,9 \text{ mm}$$

$$b_{1,e1} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 51,9 \approx 26 \text{ mm}$$

$$b_{1,e2} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 51,9 \approx 26 \text{ mm}$$

Bước 2. Xác định chiều rộng hữu hiệu của bản cánh chịu nén của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt.

Khi chịu nén đúng tâm, sự phân bố ứng suất được coi là đồng đều. Theo đó, lấy: $\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1$; $k_{\sigma} = 4,0$

a) Ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 4 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 75,7^2} = 292 \text{ MPa}$$

trong đó: $b = b_p = 75,7 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của tấm.

b) Độ mảnh quy ước và hệ số giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd}/\sigma_{cr}} = \sqrt{335/292} = 1,071$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.16) trong [4] khi $\bar{\lambda}_p > 0,673$ như đối với các tấm có ngàm vào các cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{1,071 - 0,055 \times (3 + 1)}{1,071^2} = 0,74$$

c) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo Bảng 7.2 trong [4]:

$$b_{ef} = \rho \cdot b = 0,74 \times 75,7 = 56,0 \text{ mm}$$

$$b_{2,e1} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 56,0 = 28,0 \text{ mm}$$

$$b_{2,e2} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 56,0 = 28,0 \text{ mm}$$

Bước 3. Xác định chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của mép gấp biên của bản cánh của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt.

a) Giá trị của hệ số k_{σ} được xác định:

$b_{p,c} = 19,9 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của phần nhô ra của mép gấp; $b_p = 75,7 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của bản cánh chịu nén; $b_{p,c} / b_p = 19,9 / 75,7 = 0,26 < 0,35$ do đó $k_{\sigma} = 0,5$.

b) Ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 0,5 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 19,9^2} = 528 \text{ MPa}$$

c) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd}/\sigma_{cr}} = \sqrt{335/528} = 0,797 > 0,748$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.18) trong [4] với $\bar{\lambda}_p > 0,748$ đối với các tấm được ngàm trên một cạnh dọc:

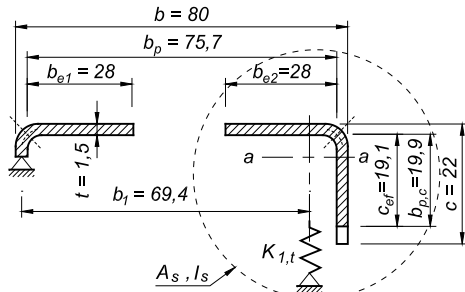
$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0,797 - 0,188}{0,797^2} = 0,96$$

d) Chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của mép gấp của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt được xác định theo công thức (7.28) trong [4]:

$$c_{ef} = \rho \times b_{p,c} = 0,96 \times 19,9 = 19,1 \text{ mm.}$$

Bước 4. Xác định tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên của bản cánh chịu nén của tiết diện ngang.

Sườn cứng biên bao gồm bản thân phần mép gấp và phần hữu hiệu của bản cánh chịu nén của tiết diện (Hình 5).



Hình 5. Sườn cứng biên trên bản cánh thanh định hình giảm nhiệt

a) Độ cứng của lò xo được xác định theo công thức (7):

$$K_1 = \frac{206000 \times 1,5^3}{4 \times (1 - 0,3^2)} \times \frac{1}{69,4^2 \times 228,5 + 69,4^3 + 0,5 \times 228,5 \times 1,0 \times 69,4^2} = 0,096 \text{ MPa}$$

$$K_{1,t} = k_2 \cdot K_1 = 0,205 \times 0,096 = 0,02 \text{ MPa}$$

trong đó: $k_2 = 0,205$ - xem Bước 1 mục a); $b_1 = 69,4$ mm là khoảng cách từ giao điểm của bản bụng và bản cánh đến trọng tâm của diện tích hữu hiệu của mép gấp (Hình 5); $b_2 = 69,4$ mm là khoảng cách từ giao điểm của bản bụng và bản cánh đến trọng tâm của diện tích hữu hiệu của mép gấp cho bản cánh thứ hai; $k_t = 1$ - đối với tiết diện đối xứng chịu nén; $h_w = 228,5$ là chiều cao của bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh;

b) Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng được xác định theo công thức (7.34) trong [4]:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s} = \frac{2 \times \sqrt{0,02 \times 2,06 \times 10^5 \times 2897}}{72} = 96 \text{ MPa}$$

trong đó: $A_s = 72 \text{ mm}^2$ là diện tích của sườn cứng biên (Hình 5); $I_s = 2897 \text{ mm}^4$ là mô men quán tính đối với trục a-a của sườn cứng biên (Hình 5).

c) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng biên được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của sườn cứng theo công thức (7.40) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr,s}}} = \sqrt{\frac{335}{96}} = 1,868 > 1,38$$

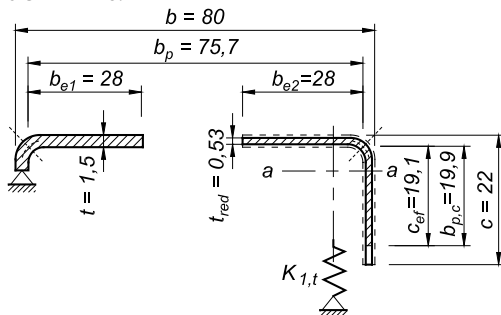
- Hệ số suy giảm khả năng chịu lực của sườn cứng do mất ổn định dạng phẳng theo công thức (7.39) trong [4]:

$$\chi_d = 0,66 / \bar{\lambda}_d = 0,66 / 1,868 = 0,353$$

d) Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên được xác định theo công thức (7.43) trong [4]:

$$t_{red} = \chi_d \cdot t = 0,353 \times 1,5 = 0,53 \text{ mm}$$

Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên (ở bước lặp 1) được thể hiện trên Hình 6.



Hình 6. Bước lặp 1. Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên

Bước 5. Tinh chỉnh hệ số χ_d suy giảm khả năng chịu lực của sườn cứng do mất ổn định dạng phẳng:

CHÚ THÍCH: Việc tinh chỉnh hệ số χ_d không phải là giai đoạn bắt buộc khi xác định tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng và được thực hiện theo quyết định của người thiết kế.

Bước lặp 2

a) Giá trị cập nhật của chiều rộng hữu hiệu của phần ổn định của bản cánh liền kề với sườn cứng được xác định:

1) Giá trị hữu hiệu của độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (B.1) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} = 1,071 \times \sqrt{0,353} = 0,636$$

trong đó: $\bar{\lambda}_p = 1,071$ là độ mảnh quy ước của tấm, được lấy từ bước lặp 1;

2) Hệ số suy giảm được xác định theo công thức (7.15) trong [4] khi $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$ như đối với các tấm có ngàm trên một cạnh dọc nhưng có giá trị độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_{p,red}$

$$\rho = 1$$

3) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của các phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo [4]:

$$b_{ef} = \rho \cdot b = 1 \times 75,7 = 75,7 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 75,7 \approx 37,8 \text{ mm.}$$

b) xác định giá trị cập nhật của chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của các mép gấp của bản cánh của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt:

1) Giá trị hữu hiệu của độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (B.1) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} = 0,797 \times \sqrt{0,353} = 0,474$$

trong đó $\bar{\lambda}_p = 0,797$ là độ mảnh quy ước của tấm, được lấy từ bước lặp 1 (xem Bước 3 mục c)).

2) Hệ số suy giảm được xác định theo công thức (7.17) trong [4] khi $\bar{\lambda}_p \leq 0,748$ như đối với các tấm có ngàm trên một cạnh dọc

$$\rho = 1$$

3) Chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của mép gấp của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt được xác định theo công thức (7.28) trong [4]:

$$c_{ef} = 1 \times 19,9 = 19,9 \text{ mm}$$

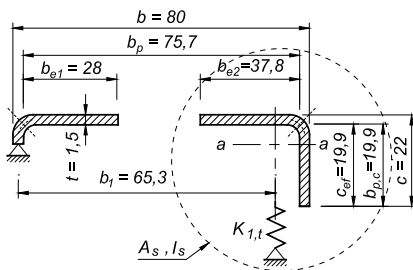
c) Xác định độ cứng của lò xo $K_{1,t}$ theo công thức (6)

$$K_{1,t} = k_2 \cdot K_1 = 0,205 \times 0,11 = 0,023 \text{ N / mm}^2$$

trong đó: $k_2 = 0,205$ - xem Bước 1 mục a); theo công thức (7)

$$K_1 = \frac{206000 \times 1,5^3}{4 \times (1 - 0,3^2)} \times \frac{1}{65,3^2 \times 228,5 + 65,3^3 + 0,5 \times 228,5 \times 1,0 \times 65,3^2} = 0,11 \text{ MPa}$$

trong đó: $b_1 = 65,3$ mm là khoảng cách từ trục trung tâm của bản bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu mép gấp (kể cả phần ổn định của bản cánh) trên bản cánh 1 (Hình 7); $b_2 = 65,3$ mm là khoảng cách từ trục trung tâm của bản bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu của mép gấp (bao gồm cả phần ổn định của bản cánh) trên bản cánh 2; $k_t = 1$ - đối với tiết diện đối xứng chịu nén; $h_w = 228,5$ mm là chiều cao của bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh;



Hình 7. Bước lập 2. Kích thước tinh chỉnh của sườn cứng biên trên bản ảnh thanh định hình giảm nhiệt

d) Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng được xác định theo công thức (7.34) trong [4]:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s} = \frac{2 \times \sqrt{0,023 \times 2,06 \times 10^5 \times 3486}}{88} = 92 \text{ MPa}$$

trong đó: $A_s = 88 \text{ mm}^2$ là diện tích của sườn cứng biên (Hình 7); $I_s = 3487 \text{ mm}^4$ là mô men quán tính đối với trục a-a của sườn cứng biên (Hình 7).

e) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng biên được xác định theo công thức:

- Độ mảnh quy ước của sườn cứng theo công thức (7.40) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr,s}}} = \sqrt{\frac{335}{92}} = 1,908 > 1,38$$

- Hệ số suy giảm khả năng chịu lực của sườn cứng do mất ổn định dạng phẳng theo công thức (7.39) trong [4]:

$$\chi_{d,2} = \frac{0,66}{1,908} = 0,346$$

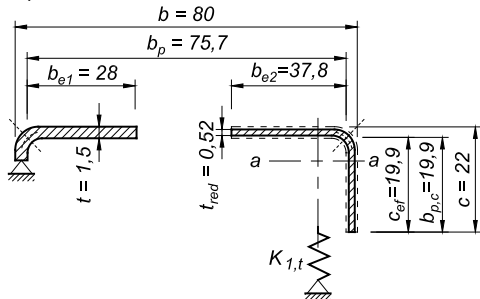
Vì ở bước lập thứ 2, các phần ổn định của các tấm (b_{e2} cho bản cánh và c_{ef} cho mép gấp) tạo sườn cứng đã đạt kích thước lớn nhất (tức là $\rho = 1$), nên giá trị cuối cùng của hệ số suy giảm khả năng chịu lực χ_d do mất ổn định của hình dạng tiết diện (mất ổn định phẳng của sườn cứng) được lấy từ bước lập này

$$\chi_d = \chi_{d,2} = 0,346$$

f) Xác định tiết diện ngang hữu hiệu được cập nhật của sườn cứng biên (dựa trên việc tinh chỉnh lặp lại hệ số χ_d) dựa trên công thức (7.43) trong [4]:

$$t_{red} = \chi_d \cdot t = 0,346 \times 1,5 = 0,52 \text{ mm}$$

g) Xác định tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của sườn cứng (xem Hình 8).



Hình 8. Tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của sườn cứng biên

Đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu (xem Hình 12a) của thanh định hình giảm nhiệt chịu nén đúng tâm:

$$A_{ef} = 2,25 \text{ cm}^2; I_{ef,x} = 264,8 \text{ cm}^4; I_{ef,y} = 17,2 \text{ cm}^4; W_{ef,x} = 23,0 \text{ cm}^3; W_{ef,y} = 3,1 \text{ cm}^3.$$

Bài toán 2. Xác định tiết diện ngang hữu hiệu của thanh định hình giảm nhiệt khi uốn thuần túy trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất.

Bước 1. Xác định chiều rộng hữu hiệu của bản cánh chịu nén của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt.

Sự phân bố ứng suất trong bản cánh chịu nén được coi là đồng đều. Theo đó, lấy

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = 1,0; k_\sigma = 4,0$$

a) Xác định ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm bằng công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 4 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 75,7^2} = 292 \text{ MPa}$$

trong đó: $b = b_p = 75,7 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của tấm, được xác định theo Hình 7.

b) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd} / \sigma_{cr}} = \sqrt{335 / 292} = 1,071$$

- Hệ số suy giảm được xác định theo công thức (7.16) trong [4]

khí $\bar{\lambda}_p > 0,673$ như đối với các tấm có ngàm vào các cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{1,071 - 0,055 \times (3 + 1)}{1,071^2} = 0,74$$

c) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo Bảng 7.2 trong [4]:

$$b_{ef} = \rho \cdot b = 0,74 \times 75,7 = 56,0 \text{ mm}$$

$$b_{2,e1} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 56,0 = 28,0 \text{ mm}$$

$$b_{2,e2} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 56,0 = 28,0 \text{ mm}$$

Bước 2. Xác định chiều rộng hữu hiệu phần nhô ra công xôn của mép gấp của bản cánh tiết diện ngang thanh định hình giảm nhiệt

a) Giá trị của hệ số k_σ được xác định:

$b_{p,c} = 19,9 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của phần nhô ra của mép gấp; $b_p = 75,7 \text{ mm}$ là chiều rộng lý thuyết của bản cánh chịu nén; $b_{p,c} / b_p = 19,9 / 75,7 = 0,26 < 0,35$ do đó, theo công thức $k_\sigma = 0,5$.

b) Ứng suất mất ổn định tới hạn của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 0,5 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 19,9^2} = 528 \text{ MPa}$$

c) Độ mảnh quy ước và hệ số giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd} / \sigma_{cr}} = \sqrt{335 / 528} = 0,797 > 0,748$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.18) trong [4] với

$\bar{\lambda}_p > 0,748$ đối với các tấm được ngàm trên một cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0,797 - 0,188}{0,797^2} = 0,96$$

d) Chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của mép gấp của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt được xác định theo công thức (7.28) trong [4]:

$$c_{ef} = \rho \times b_{p,c} = 0,96 \times 19,9 = 19,1 \text{ mm}.$$

Bước 3. Xác định tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên của bản cánh chịu nén của tiết diện ngang

Sườn cứng biên bao gồm bản thân phần mép gấp và phần hữu hiệu của bản cánh chịu nén của tiết diện (Hình 5).

a) Độ cứng của lò xo $K_{1,t}$ được xác định theo công thức (6):

$$K_{1,t} = k_2 \cdot K_1 = 0,205 \times 0,133 = 0,027 \text{ N / mm}^2$$

trong đó: $k_2 = 0,205$ - xem Bài toán 1, Bước 1 mục a); theo công thức (7)

$$K_1 = \frac{206000 \times 1,5^3}{4 \times (1 - 0,3^2)} \times \frac{1}{69,4^2 \times 228,5 + 69,4^3 + 0,5 \times 228,5 \times 0 \times 69,4^2} = 0,133 \text{ MPa}$$

$b_1 = 69,4$ mm là khoảng cách từ giao điểm của bản bụng và bản cánh đến trọng tâm của diện tích hữu hiệu của mép gấp (Hình 5); $b_2 = 69,4$ mm là khoảng cách từ giao điểm của bản bụng và bản cánh đến trọng tâm của diện tích hữu hiệu của mép gấp cho bản cánh thứ hai; $k_f = 0$ - nếu bản cánh dưới chịu kéo; $h_w = 228,5$ mm là chiều cao của bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh;

b) Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng được xác định theo công thức (7.34) trong [4]:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s} = \frac{2 \times \sqrt{0,027 \times 2,06 \times 10^5 \times 2897}}{72} = 112 \text{ MPa}$$

trong đó: $A_s = 72$ mm² là diện tích của sườn cứng biên (Hình 5); $I_s = 2897$ mm⁴ là mô men quán tính đối với trục a-a của sườn cứng biên (Hình 5).

c) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng biên được xác định theo công thức:

- Độ mảnh quy ước của sườn cứng theo công thức (7.40) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{\frac{f_{yd}}{\sigma_{cr,s}}} = \sqrt{\frac{335}{112}} = 1,729 > 1,38$$

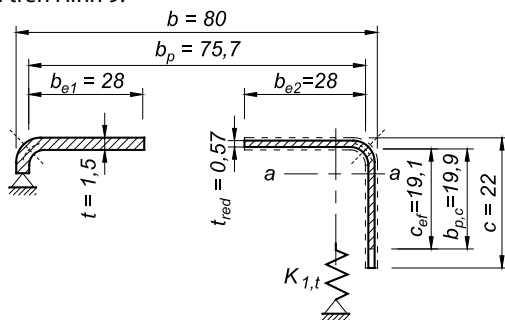
- Hệ số suy giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng theo công thức (7.39) trong [4]:

$$\chi_d = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d} = \frac{0,66}{1,729} = 0,382$$

d) Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên được xác định theo công thức (7.43) trong [4]:

$$t_{red} = \chi_d \cdot t = 0,382 \times 1,5 = 0,57 \text{ mm}$$

Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên (ở bước lặp 1) được thể hiện trên Hình 9.



Hình 9. Bước lặp 1. Tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng biên

Bước 4. Tinh chỉnh lặp lại hệ số χ_d suy giảm khả năng chịu tải của sườn cứng do mất ổn định dạng phẳng:

CHÚ THÍCH: Việc tinh chỉnh hệ số χ_d lặp đi lặp lại không phải là giai đoạn bắt buộc khi xác định tiết diện ngang hữu hiệu của sườn cứng và được thực hiện theo quyết định của người thiết kế.

Bước lặp 1

a) Xác định giá trị cập nhật của chiều rộng hữu hiệu của phần ổn định của bản cánh liền kề với sườn cứng (b_{e2}):

1) Giá trị hữu hiệu của độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (B.1) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} = 1,071 \times \sqrt{0,382} = 0,662$$

trong đó $\bar{\lambda}_p = 1,071$ là độ mảnh quy ước của tấm, được lấy từ bước 1 mục b);

2) Hệ số suy giảm được xác định theo công thức (7.15) trong [4] khi $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$ như đối với các tấm có nằm trên một cạnh dọc nhưng có giá trị độ mảnh quy ước $\bar{\lambda}_{p,red}$

$$\rho = 1$$

3) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của các phần ổn định của tấm chịu nén được xác định [4]:

$$b_{ef} = \rho \cdot b = 1 \times 75,7 = 75,7 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,5 \cdot b_{ef} = 0,5 \times 75,7 \approx 37,8 \text{ mm}$$

b) Xác định giá trị cập nhật của chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của các mép gấp của bản cánh của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt:

1) Giá trị hữu hiệu của độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (B.1) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\chi_d} = 0,797 \times \sqrt{0,382} = 0,493$$

trong đó $\bar{\lambda}_p = 0,797$ là độ mảnh quy ước của tấm, được lấy từ bước 2 mục c);

2) Hệ số suy giảm được xác định theo công thức (7.17) trong [4] khi $\bar{\lambda}_p \leq 0,748$ như đối với các tấm có nằm trên một cạnh dọc

$$\rho = 1$$

3) Chiều rộng hữu hiệu của phần nhô ra của mép gấp của tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt được xác định theo công thức (7.28) trong [4]:

$$c_{ef} = \rho \cdot b_{p,c} = 1 \times 19,9 = 19,9 \text{ mm}$$

c) Xác định độ cứng của lò xo $K_{1,t}$ theo công thức (6)

$$K_{1,t} = k_2 \cdot K_1 = 0,205 \times 0,152 = 0,031 \text{ N / mm}^2$$

trong đó: $k_2 = 0,205$ - xem Bài toán 1, Bước 1 mục a); theo công thức (7)

$$K_1 = \frac{2,06 \cdot 10^5 \times 1,5^3}{4 \times (1 - 0,3^2)} \times \frac{1}{65,3^2 \times 228,5 + 65,3^3 + 0,5 \times 228,5 \times 0 \times 65,3^2} = 0,152 \text{ MPa}$$

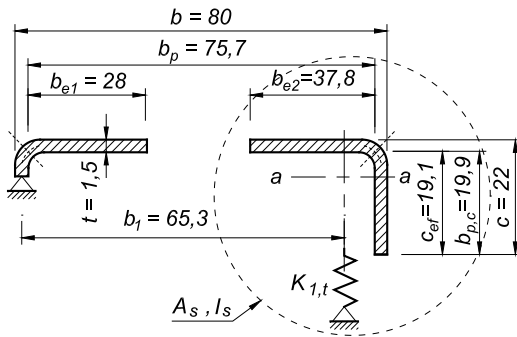
trong đó $b_1 = 65,3$ mm là khoảng cách từ trục trung tâm của bản bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu mép gấp (kể cả phần ổn định của bản cánh) trên bản cánh 1 (Hình 10);

$b_2 = 65,3$ mm là khoảng cách từ trục trung tâm của bản bụng đến trọng tâm tiết diện tính toán ban đầu của mép gấp (bao gồm cả phần ổn định của bản cánh) trên bản cánh 2; $k_f = 0$ - nếu bản cánh dưới chịu kéo; $h_w = 228,5$ mm là chiều cao của bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh;

d) Ứng suất mất ổn định tới hạn của sườn cứng được xác định theo công thức (7.34) trong [4]:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{K_1 E I_s}}{A_s} = \frac{2 \times \sqrt{0,031 \times 2,06 \times 10^5 \times 3486}}{88} = 107 \text{ MPa}$$

trong đó: $A_s = 88$ mm² là diện tích của sườn cứng biên (Hình 10); $I_s = 3486$ mm⁴ là mô men quán tính đối với trục a-a của sườn cứng biên (Hình 10).



Hình 10. Bước lập 2. Kích thước hình học của sườn cứng biên trên bản cánh thanh định hình giảm nhiệt

e) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm khả năng chịu lực do mất ổn định dạng phẳng của sườn cứng biên được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của sườn cứng theo công thức (7.40) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_d = \sqrt{f_{yd} / \sigma_{cr,s}} = \sqrt{335 / 107} = 1,769 > 1,38$$

- Hệ số suy giảm khả năng chịu lực của sườn cứng do mất ổn định dạng phẳng theo công thức (7.39) trong [4]:

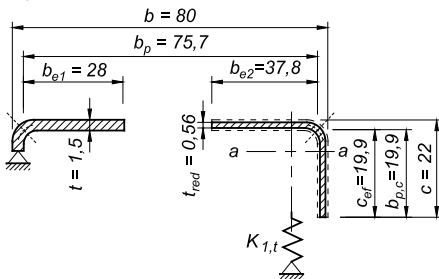
$$\chi_{d,2} = \frac{0,66}{\bar{\lambda}_d} = \frac{0,66}{1,769} = 0,373$$

Vì ở bước lập thứ 2, các phần ổn định của các tấm (b_{e2} cho bản cánh và c_{ef} cho mép gấp) tạo sườn cứng đã đạt kích thước lớn nhất (tức là $\rho = 1$), nên giá trị cuối cùng của hệ số suy giảm khả năng chịu lực χ_d do mất ổn định của hình dạng tiết diện (mất ổn định phẳng của sườn cứng) được lấy từ bước lập này:

$$\chi_d = \chi_{d,2} = 0,373$$

$$t_{red} = \chi_d \cdot t = 0,373 \times 1,5 = 0,56 \text{ mm}$$

Tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của sườn cứng được thể hiện trong Hình 11.



Hình 11. Tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của sườn cứng biên

Chính xác hóa vị trí trọng tâm và tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt bằng diện tích hữu hiệu của bản cánh chịu nén nhưng với toàn bộ diện tích của bản bụng.

Bước 5. Xác định chiều rộng hữu hiệu của bản bụng đục lỗ

a) Giá trị hệ số k_{σ} được xác định theo các công thức (3) - (5):

1) xác định tỷ lệ ứng suất trong bản bụng thanh định hình

$I_x = 4055679 \text{ mm}^4$ là mô men quán tính của tiết diện ngang;
 $W_t = I_x / h_2 = 4055679 / 100,2 = 40476 \text{ mm}^3$ là mô men chống uốn của phần chịu kéo;
 $W_c = I_x / h_1 = 4055679 / 129,8 = 31246 \text{ mm}^3$ là mô men chống uốn của phần chịu nén;

- ứng suất kéo trong tiết diện: $\sigma_2 = M / W_t$

- ứng suất nén trong tiết diện: $\sigma_1 = M / W_c$

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = W_c / W_t = -31246 / 40476 = -0,772$$

CHÚ THÍCH: Khi xác định hệ số ψ , lấy tỷ số giữa ứng suất thấp σ_2 và ứng suất cao hơn σ_1 , có xét đến dấu, trong đó lực nén được coi là dương, còn lực kéo được coi là âm;

2) Hệ số k_{σ} được xác định theo công thức (3) khi $\psi = -0,772$ cho trường hợp tấm chịu kéo nén

$$k_{\sigma} = \frac{8 \times (1 + \sqrt{0,205 + 0,205 \times 0,3 - 0,3})}{\sqrt{(1 - 0,772)^2 + 0,112 \times (1 + 0,772)^2 + (1 - 0,772)}} = 11,25$$

trong đó: $k_2 = 0,205$ - xem **Bài toán 1** Bước 1 mục a).

c) Ứng suất tới hạn mất ổn định của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 11,25 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 225,7^2} = 92 \text{ N / mm}^2$$

d) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd} / \sigma_{cr}} = \sqrt{335 / 92} = 1,908$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.16) trong [4] với $\bar{\lambda}_p > 0,673$ đối với các tấm được ngâm trên các cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{1,908 - 0,055 \times (3 - 0,772)}{1,908^2} = 0,49$$

e) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của các phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo Bảng 7.2 trong [4]:

$$b_{ef} = \frac{\rho b}{1 - \psi} = \frac{0,49 \times 225,7}{1 + 0,772} = 62,4 \text{ mm}$$

$$b_{e1} = 0,4 b_{ef} = 0,4 \times 62,4 = 25,0 \text{ mm},$$

$$b_{e2} = 0,6 b_{ef} = 0,6 \times 62,4 = 37,4 \text{ mm},$$

Bước lập 2

Xây dựng tiết diện ngang hữu hiệu nhận được ở bước lập 1, xác định vị trí chính xác của trọng tâm và chính xác hóa phần hữu hiệu của phần chịu nén của bản bụng.

Bước 6. Xác định chiều rộng hữu hiệu chính xác của bản bụng đục lỗ:

a) Xác định tỷ lệ ứng suất trong bản bụng thanh định hình

$I_x = 3507538 \text{ mm}^4$ là mô men quán tính của tiết diện ngang;
 $W_t = 3507538 / 86,6 = 40503 \text{ mm}^3$ là mô men chống uốn của phần chịu kéo;
 $W_c = 3507538 / 143,4 = 24460 \text{ mm}^3$ là mô men chống uốn của phần chịu nén;

$$\psi = -24460 / 40503 = -0,604$$

b) Hệ số k_{σ} được xác định theo công thức (3) khi $\psi = -0,604$ cho trường hợp tấm chịu kéo nén:

$$k_{\sigma} = \frac{8 \times (1 + \sqrt{0,205 + 0,205 \times 0,3 - 0,3})}{\sqrt{(1 - 0,604)^2 + 0,112 \times (1 + 0,604)^2 + (1 - 0,604)}} = 9,14$$

c) Ứng suất tới hạn mất ổn định của tấm được xác định theo công thức (2):

$$\sigma_{cr} = 9,14 \times \frac{3,14^2 \times 2,06 \times 10^5 \times 1,5^2}{12 \times (1 - 0,3^2) \times 225,7^2} = 75 \text{ N / mm}^2$$

d) Độ mảnh quy ước và hệ số suy giảm của tấm được xác định theo các công thức:

- Độ mảnh quy ước của tấm được xác định theo công thức (7.19) trong [4]:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{f_{yd} / \sigma_{cr}} = \sqrt{335 / 75} = 2,113$$

- Hệ số giảm được xác định theo công thức (7.16) trong [4] với $\bar{\lambda}_p > 0,673$ đối với các tấm được ngâm trên các cạnh dọc:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{2,113 - 0,055 \times (3 - 0,604)}{2,113^2} = 0,44$$

e) Chiều rộng và kích thước hữu hiệu của các phần ổn định của tấm chịu nén được xác định theo Bảng 7.2 trong [4]:

$$b_{ef} = \frac{\rho b}{1 - \psi} = \frac{0,44 \times 225,7}{1 + 0,604} = 61,9 \text{ mm}$$

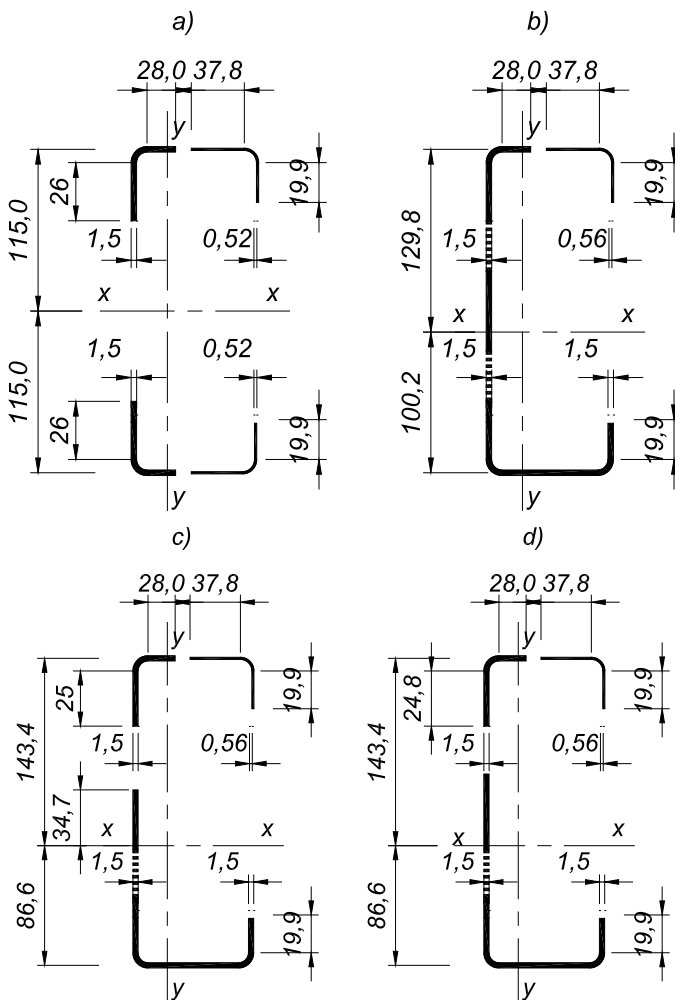
$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{ef} = 0,4 \times 61,9 = 24,8 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{ef} = 0,6 \times 61,9 = 37,1 \text{ mm}$$

Trong tiết diện ngang hữu hiệu nhận được ở bước lập 2, trọng tâm dịch chuyển không đáng kể, do đó việc tinh chỉnh thêm tiết diện hữu hiệu không được thực hiện.

Các đặc trưng hình học của tiết diện ngang hữu hiệu của thanh định hình giảm nhiệt được thể hiện trong Hình 12d khi uốn trong mặt phẳng có độ cứng lớn nhất.

$$A_{ef} = 4,23 \text{ cm}^2; I_{ef,x} = 347,1 \text{ cm}^4; I_{ef,y} = 35,6 \text{ cm}^4.$$



a – tiết diện ngang hữu hiệu của thanh định hình giảm nhiệt khi nén đúng tâm; b – tiết diện ngang của thanh định hình giảm nhiệt với diện tích hữu hiệu của bản cánh chịu nén nhưng toàn bộ diện tích của bản bụng; c – tiết diện ngang hiệu dụng của thanh định hình giảm nhiệt chịu uốn ở bước lập 1; d – tiết diện ngang hữu hiệu cuối cùng của thanh định hình giảm nhiệt chịu uốn thuần túy

Hình 12. Tiết diện ngang hữu hiệu của thanh định hình giảm nhiệt

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua các nội dung nghiên cứu trong bài báo này, kết quả đạt được như sau:

- Đã làm rõ được ứng dụng của thanh định hình giảm nhiệt, phương pháp tính toán thanh định hình giảm nhiệt theo Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu thép của Liên bang Nga SP 260.1325800.2023.

- Thực hành tính toán đặc trưng hình học của tiết diện thanh định hình giảm nhiệt đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm và cấu kiện chịu uốn thuần túy. Qua ví dụ số thấy rằng, đã làm rõ việc tính toán đặc trưng tiết diện đối với một dạng cấu kiện thành mỏng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này có sử dụng một phần kết quả của nhiệm vụ khoa học và công nghệ “Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn quốc gia Thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội”, mã số RD 59-24 [3].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 6525:2018 (ISO 4998:2014), Thép carbon tấm mỏng chất lượng kết cấu mạ kẽm và hợp kim kẽm - sắt nhúng nóng liên tục;
- [2] TCVN 7665:2007 (ISO 1460:1992), Lớp phủ kim loại - Lớp phủ kẽm nhúng nóng trên vật liệu chứa sắt - Xác định khối lượng lớp mạ trên đơn vị diện tích.
- [3] TCVN X260:202x (2025), Thiết kế kết cấu thép thành mỏng tạo hình nguội (dự thảo), thuộc nhiệm vụ khoa học và công nghệ, mã số RD 59-24, về “Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn quốc gia Thiết kế kết cấu thép tạo hình nguội”.
- [4] СП 260.1325800.2023, Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов (Kết cấu thép thành mỏng làm bằng thép tạo hình nguội mạ kẽm và tấm sóng).
- [5] ГОСТ 14918-2020, Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия (Tấm kim loại mạ kẽm nhúng nóng. Điều kiện kỹ thuật).
- [6] Пособие по проектированию строительных конструкций малоэтажных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей ((ЛСТК) АРСС, Ассоциация развития стального строительства) ; под редакцией Назмеевой Т. В. – Санкт-Петербург : Первый ИПХ, 2021. – 238.
- [7] Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (2019), Пособие по проектированию конструкций из стальных тонкостенных холодногнутых профилей, Москва 2019.