

Таблиця 8.1. Алгоритм і приклад розрахунку товщини циліндричної обичайки з умови міцності і стійкості у випадку, коли обичайка навантажена зовнішнім тиском

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
1.	Допустиме напруження матеріалу обичайки за розрахункової температури $[\sigma]$	Допустиме напруження матеріалу обичайки $[\sigma]$ визначають за таблицями А.1 – А.4 залежно від марки сталі, з якої виконана обичайка і розрахункової температури (поправковий коефіцієнт для допустимих напружень $\eta = 1$ через те, що обичайка зварна)	З таблиці А.1 для сталі марки Ст3 за розрахункової температури $t = 155^{\circ}\text{C}$ допустиме напруження $[\sigma] = 144$ МПа
2.	Модуль пружності в умовах розтягу E	Модуль пружності в умовах розтягу E визначають за таблицею додатку Д залежно від марки сталі, з якої виконана обичайка і розрахункової температури (при випробуваннях приймається $t = 20^{\circ}\text{C}$)	З таблиці Д.1 для сталі марки Ст3 за розрахункової температури $t = 155^{\circ}\text{C}$ модуль пружності в умовах розтягу $E = 1,85 \cdot 10^5$ МПа
3.	Коефіцієнт запасу стійкості n_{σ}	Значення коефіцієнту запасу стійкості обирають залежно від умов, при якому виконують розрахунок. $n_{\sigma} = 2,4$ для робочих умов; $n_{\sigma} = 1,8$ для умов випробувань	$n_{\sigma} = 2,4$
4.	Коефіцієнт k_1	$k_1 = \frac{n_{\sigma} \cdot \delta_{\xi}}{2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Å}}$	$k_1 = \frac{2,4 \cdot 0,5}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,85 \cdot 10^5} = 2,7$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
5.	Розрахункова довжина елемента, що примикає до циліндричної обичайки l_3	$l_3 = \frac{H}{3}$ – для випуклих днищ; $l_3 = \frac{D}{6 \operatorname{tg} \alpha}$ – для конічних днищ без відтбортовки, але не більше довжини конічного елемента; $l_3 = \max \left(r \sin \alpha; \frac{D}{6 \operatorname{tg} \alpha} \right)$ для конічних днищ з відтбортовкою, але не більше довжини конічного елемента	Для конічних днищ без відтбортовки $l_3 = \frac{2,2}{6 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ} = 0,367 \text{ м}$ Ця величина не перевищує довжини конічного елемента
6.	Розрахункова довжина обичайки l	$l = l_1 + l_2 + \frac{H}{3}$ – для посудин з випуклими днищами; $l = l_1 + l_2 + l_3$ – для апаратів з конічними днищами	$l = 1,8 + 0 + 0,367 = 2,167 \text{ м}$
7.	Коефіцієнт k_3	$k_3 = \frac{l}{D}$	$k_3 = \frac{2,167}{2,2} = 0,985$
8.	Коефіцієнт k_2	k_2 визначається за номограмою (див. додаток Е) залежно від коефіцієнтів k_1 і k_3	$k_2 = 0,65$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
9.	Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки	$S_R = \max \left\{ k_2 D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 p_c D}{2[\sigma]} \right\}$	$S_R = \max \left\{ 0,65 \cdot 2,2 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,5 \cdot 2,2}{2 \cdot 144} \right\} =$ $= \max \{ 1,43 \cdot 10^{-2}; 4,2 \cdot 10^{-3} \} = 1,43 \cdot 10^{-2}$
10.	Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S	$S = S_R + C + C_0$ Додаток C_0 вибирається конструктивно для кожного окремого випадку. Товщину листового прокату обираємо за таблицею В.1 додатку В.	$S = 1,43 \cdot 10^{-2} + 1 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-4} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ Обираємо $\tilde{N}_0 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ через те, що вибрана товщина листового прокату становить $16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
11.	Допустимий зовнішній тиск з умов міцності $[p]_\sigma$	$[p]_\sigma = \frac{2[\sigma](s-c)}{D+s-c}$	$[p]_\sigma = \frac{2 \cdot 144(16-1) \cdot 10^{-3}}{2,2 + (16-1) \cdot 10^{-3}} = 1,95 \text{ МПа}$
12.	Коефіцієнт B_l	$B_l = \min \left\{ 1,0; 9,45 \frac{D}{l} \sqrt{\frac{D}{100(s-c)}} \right\}$	$B_l = \min \left\{ 1,0; 9,45 \frac{2,2}{2,167} \sqrt{\frac{2,2}{100(16-1)10^{-3}}} \right\} =$ $= \min \{ 1,0; 11,62 \} = 1$

Продовження табл. 8.1

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
13.	Допустимий зовнішній тиск з умов стійко- сті в границях пружності $[p]_E$	$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E D}{n_y \cdot B_1} \frac{1}{l} \left[\frac{100(s-c)}{D} \right]^{2,5}$	$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,85 \cdot 10^{+5}}{2,4 \cdot 1} \cdot \frac{2,2}{2,167} \left[\frac{100(16-1) \cdot 10^{-3}}{2,2} \right]^{2,5} =$ $= 0,84 \text{ МПа}$
14.	Допустимий зовнішній тиск	$[p] = \frac{[p]_\sigma}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_\sigma}{[p]_E} \right)^2}}$	$[p] = \frac{1,95}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,95}{0,84} \right)^2}} = 0,77 \text{ МПа}$
15.	Перевірка умови стійко- сті	$p_\zeta \leq [p]$	$0,5 \text{ МПа} < 0,77 \text{ МПа}$ Умова стійкості виконується
Якщо умова міцності не виконується, необхідно вжити відповідних заходів (наприклад, збільшити товщину стінки елемента, змінити марку сталі і т. ін.) і зробити перерахунок за наведеним вище алгоритмом для забезпечення умови $p_\zeta \leq [p]$.			