

Таблиця 7.1. Алгоритм і приклад розрахунку товщини конічного днища з умови міцності і стійкості у випадку, коли днище навантажене 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 $[\sigma] = 144 \text{ МПа}$
2.	Модуль пружності в умовах розтягу $E$	Модуль пружності в умовах розтягу $E$ визначають за таблицею додатку Г залежно від марки сталі, з якої виконана обичайка і розрахункової температури (при випробуваннях приймається $t = 20^{\circ}\text{C}$ )	З таблиці Г.1 для сталі марки Ст3 за розрахункової температури $t = 155^{\circ}\text{C}$ модуль пружності в умовах розтягу $E = 1,85 \cdot 10^5 \text{ МПа}$
3.	Коефіцієнт запасу стійкості $n_{\sigma}$	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 $k_1$	$k_1 = \frac{n_{\sigma} \delta_{\xi}}{2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Å}}$	$k_1 = \frac{2,4 \cdot 0,5}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,85 \cdot 10^5} = 2,7$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
5.	Ефективна довжина конічного днища $l_E$	$l_E = \frac{D - D_o}{2 \sin \alpha}$	$l_E = \frac{2,2 - 0,16}{2 \sin 45^\circ} = 1,44 \text{ м}$
6.	Виконавча товщина конічного днища у першому наближенні $S^1$	$S^1$ приймається конструктивно	Приймаємо (з попереднього розрахунку) $S^1 = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
7.	Ефективний діаметр конічного днища $D_E$	$D_E = \max \left\{ \frac{D + D_o}{2 \cos \alpha}; \frac{D}{\cos \alpha} - 0,31(D + D_o) \sqrt{\frac{D + D_o}{100(S^1 - C)}} \operatorname{tg} \alpha \right\}$	$D_E = \max \left\{ \frac{2,2 + 0,16}{2 \cos 45^\circ}; \frac{2,2}{\cos 45^\circ} - 0,31(2,2 + 0,16) \sqrt{\frac{2,2 + 0,16}{100(16 - 1)10^{-3}}} \operatorname{tg} 45^\circ \right\} =$ $= \max \{1,67; 2,194\} = 2,194$
8.	Коефіцієнт $k_3$	$k_3 = \frac{l_E}{D_E}$	$k_3 = \frac{1,44}{2,194} = 0,656$
9.	Коефіцієнт $k_2$	$k_2$ визначається за номограмою (див. додаток Д) залежно від коефіцієнтів $k_1$ і $k_3$	$k_2 = 0,55$

Продовження табл. 7.1

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
10.	Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки	$S_R = \max \left\{ k_2 D_E \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 p_\varphi D_E}{2[\sigma]} \right\}$	$S_R = \max \left\{ 0,55 \cdot 2,194 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot 0,5 \cdot 2,194}{2 \cdot 144} \right\} =$ $= \max \{ 1,21 \cdot 10^{-2}; 4,2 \cdot 10^{-3} \} = 1,21 \cdot 10^{-2}$
11.	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.	$S = 1,21 \cdot 10^{-2} + 1 \cdot 10^{-3} + 2,9 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ Обираємо $\tilde{N}_0 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ через те, що вибрана товщина листового прокату дорівнює товщині циліндричної частині апарата і становить $16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
12.	Допустимий зовнішній тиск з умов міцності $[p_\varphi]_\sigma$	$[p_\varphi]_\sigma = \frac{2[\sigma](s-c)}{\frac{D}{\cos \alpha} + s - c}$	$[p_\varphi]_\sigma = \frac{2 \cdot 144(16-1) \cdot 10^{-3}}{\frac{2,2}{\cos 45^\circ} + (16-1) \cdot 10^{-3}} = 1,38 \text{ МПа}$
13.	Коефіцієнт $B_1$	$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \frac{D_E}{l_E} \sqrt{\frac{D_E}{100(s-c)}} \right\}$	$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,45 \frac{2,194}{1,44} \sqrt{\frac{2,194}{100(16-1)10^{-3}}} \right\} =$ $= \min \{ 1,0; 17,41 \} = 1$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
14.	Допустимий зовнішній тиск з умов стійко- сті в границях пружності $[p_{\varphi}]_E$	$[p_{\varphi}]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} E}{n_{\sigma} \hat{A}_1} \cdot \frac{D_E}{l_E} \left[ \frac{100(s-c)}{D_E} \right]^{2,5}$	$[p_{\varphi}]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1,85 \cdot 10^{+5}}{2,4 \cdot 1} \cdot \frac{2,194}{1,44} \left[ \frac{100(16-1) \cdot 10^{-3}}{2,194} \right]^{2,5} =$ $= 0,944 \text{ МПа}$
15.	Допустимий зовнішній тиск $[p_{\varphi}]$	$[p_{\varphi}] = \frac{[p_{\varphi}]_{\sigma}}{\sqrt{1 + \left( \frac{[p_{\varphi}]_{\sigma}}{[p_{\varphi}]_E} \right)^2}}$	$[p_{\varphi}] = \frac{1,38}{\sqrt{1 + \left( \frac{1,38}{0,944} \right)^2}} = 0,779 \text{ МПа}$
16.	Перевірка умови стійко- сті	$p_{\varphi} \leq [p_{\varphi}]$	$0,5 \text{ МПа} < 0,779 \text{ МПа}$ Умова міцності виконується
Якщо умова стійкості 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 $p_{\varphi} \leq [p_{\varphi}]$ .			