

Лабораторна робота № 3

Розрахунок вузла металевої ферми покриття

Мета: підбір перерізу елементів вузла ферми; визначення довжини зварних швів елементів вузла.

Хід виконання роботи:

1. Встановити вихідні дані для розрахунку: номер вузла ферми, клас міцності сталі і крок ферм – табл. 3.1; граничне розрахункове значення навантаження на покриття, кН/м^2 – табл. Г.1.
2. Виконати підрахунок вузлових навантажень; визначити опорні реакції ферми.
3. Обчислити внутрішні зусилля в елементах вузла ферми методами будівельної механіки.
4. Підібрати переріз елементів вузла ферми із парних кутиків, виконати перевірку міцності і стійкості елементів

- умова міцності при центральному розтягу і стиску (п.8.1.1, ДБН В.2.6-198 [3]):

$$\frac{N \times \gamma_n}{A_n \times R_y \times \gamma_c} \leq 1, \quad (3.1)$$

де N – внутрішнє зусилля в елементі, кН , A_n – площа перерізу нетто;

- умова стійкості при центральному стиску (п.8.1.3, ДБН В.2.6-198 [3]):

$$\frac{N \times \gamma_n}{\varphi \times A \times R_y \times \gamma_c} \leq 1, \quad (3.2)$$

де φ – коефіцієнт стійкості при центральному стиску

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}^2} \times (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \times \bar{\lambda}^2}) \leq 7,6 / \bar{\lambda}^2, \quad (3.3)$$

$$\delta = 9,87 \times (1 - \alpha + \beta \times \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2, \quad (3.4)$$

де $\bar{\lambda} = \lambda \times \sqrt{R_y / E}$ – умовна гнучкість,

α і β – коефіцієнти, що характеризують початкові неправильності форми та залишкові напруження і визначаються за табл. 8.1 ДБН В.2.6-198 [3]

залежно від типу поперечного перерізу стрижня і кривої стійкості, які наведені в додатку Ж ДБН В.2.6-198 [3].

5. Визначити розміри кутових зварних швів для елементів вузла ферми при дії поздовжньої сили N з умови міцності (п. 16.1.16 ДБН В.2.6-198 [3]):

$$\frac{N \times \gamma_n}{\beta_f \times k_f \times l_w \times R_{wf} \times \gamma_c} \leq 1, \quad (3.5)$$

де β_f – коефіцієнт, значення якого приймають за табл. 16.2 ДБН В.2.6-198 [3];

k_f – катет кутового зварного шва, мм;

l_w – розрахункова довжина кутового шва, мм;

R_{wf} – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) у площині наплавленого металу, МПа.

Розміри зварних кутових і конструкція з'єднання повинні задовольняти такі вимоги (п.16.1.5 ДБН В.2.6-198 [3]):

- катет кутового шва k_f (рис. 3.1) не повинен перевищувати $1,2t$, де t – найменша з товщин зварюваних елементів;
- катет шва вздовж заокругленої кромки фасонного прокату товщиною t , як правило не повинен перевищувати $0,9t$;
- розрахункова довжина кутового шва повинна бути не менша ніж $4k_f$ і не менша за 50 мм.

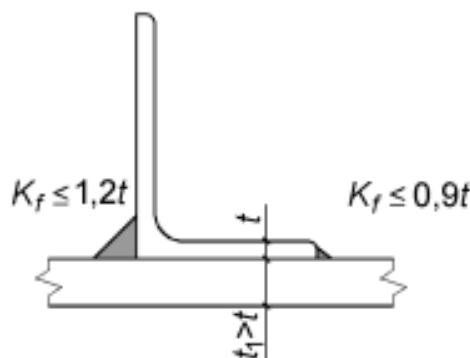


Рисунок 3.1 – Розміри кутових зварних швів

Розрахункова схема ферми покриття з нумерацією вузлів наведена на рис. 3.2.

Приклад розрахунку вузла металевої ферми покриття наведено в додатку Г.3.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку вузла металевої ферми покриття

№ п/п	Найменування вихідних даних	Букви прізвища									
		А, І, С	Б, Ї, Т	В, Й, У	Г, К, Ф	Д, Л, Х	Е, М, Ц, Ч	Є, Н, Ш	Ж, О, Щ	З, П, Ю	И, Р, Я
1.	Номер вузла	3	4	5	6	7	11	12	13	14	15
2.	Клас міцності сталі	С255		С275		С285		С345		С375	
3.	Крок ферм <i>a</i> , м	5,0			5,5				6,0		

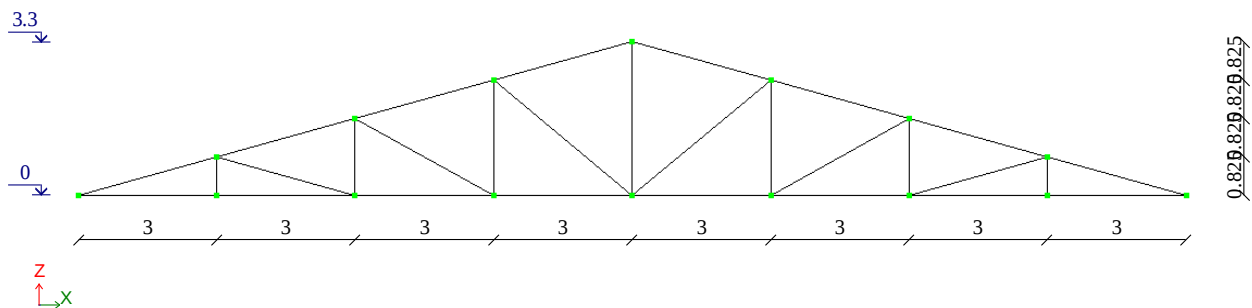


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема ферми покриття

Контрольні запитання

- 1) Умова міцності стиснутого і розтягнутого елемента ферма.
- 2) Умова стійкості стиснутого елемента ферма.
- 3) Умова міцності кутового зварного шва елемента ферми.

Г.3 Приклад розрахунку вузла металевої ферми покриття

Вихідні дані розрахунку:

Номер вузла ферми – 6

Клас міцності сталі – C345

Крок ферм a , м – 5,0

Характеристичне значення навантаження на 1 м^2 покриття, кН/м^2 –

$q_{гр,р}^{пк} = \underline{6,05}$ (див. табл. Г.1).

Хід розрахунку:

1. Виконуємо підрахунок вузлових навантажень ферми (рис. Г.4)

- на крайні вузли ферми:

$$F_{кр} = 0,5 \times q_{гр,р}^{пк} \times l_m \times a / \cos \alpha = 0,5 \times 6,05 \times 3,0 \times 5,0 / 0,9642 = 47,06 \text{ кН},$$

- на середні вузли ферми:

$$F_{ср} = q_{гр,р}^{пк} \times l_m \times a / \cos \alpha = 6,05 \times 3,0 \times 5,0 / 0,9642 = 94,12 \text{ кН},$$

де $\cos \alpha = 0,9642$ – косинус кута нахилу верхнього поясу ферми покриття.

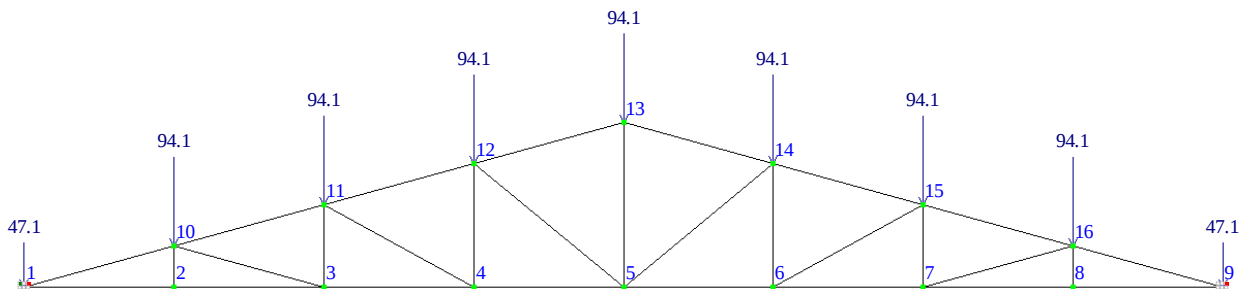


Рисунок Г.5 – Схема навантаження ферми покриття

Визначаємо опорні реакції ферми:

$$R_1 = R_9 = \sum (F_{ср} + F_{кр}) / 2 = \frac{94,12 \times 7 + 47,06 \times 2}{2} = 376,48 \text{ кН}.$$

2. Обчислюємо внутрішні зусилля в елементах вузла №6 ферми покриття

Внутрішні зусилля в елементах вузла №6 ферми покриття визначаємо методом наскрізних перерізів або моментних точок (Ріттера) [12]. Місця розташування перерізів ферми наведено на рис. Г.5.

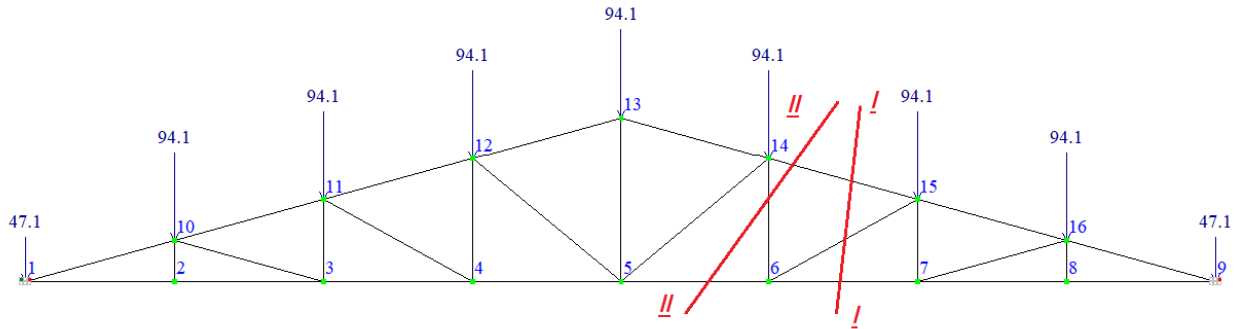


Рисунок Г.6 – Схема розташування наскрізних перерізів ферми

Для визначення внутрішніх зусиль в елементах №№ 6-7, 6-15, 6-14 і 6-5 розглянемо рівновагу правої частини ферми. Складаємо рівняння рівноваги:

$$\sum M_{15} = 0; N_{6-7} \times 1,65 + F_{cp} \times 3,0 + F_{кр} \times 6,0 - R_9 \times 6 = 0,$$

$$\sum M_9 = 0; N_{6-15} \times 1,65 \times \cos\beta + N_{6-15} \times 6,0 \times \sin\beta - F_{cp} \times 9 = 0,$$

$$\sum M_9 = 0; N_{6-14} \times 9,0 - F_{cp} \times 6,0 - F_{кр} \times 3,0 = 0,$$

$$\sum M_{14} = 0; N_{6-5} \times 2,475 + F_{cp} \times 3,0 + F_{cp} \times 6,0 + F_{кр} \times 9,0 - R_9 \times 9,0 = 0.$$

Із рівнянь рівноваги визначаємо внутрішні зусилля в елементах вузла №6:

$$N_{6-7} = (R_9 \times 6 - F_{cp} \times 3,0 - F_{кр} \times 6,0) / 1,65 =$$

$$= (376,48 \times 6 - 94,12 \times 3,0 - 47,06 \times 6,0) / 1,65 = 1026,76 \text{ кН},$$

$$N_{6-15} = (F_{cp} \times 6,0 + F_{cp} \times 3,0) / (1,65 \times \cos\beta + 6,0 \times \sin\beta) =$$

$$= (94,12 \times 6,0 + 94,12 \times 3,0) / (1,65 \times 0,876 + 6,0 \times 0,482) = 195,3 \text{ кН},$$

$$N_{6-14} = (F_{cp} \times 6,0 + F_{кр} \times 3,0) / 9,0 = (94,12 \times 6,0 + 47,06 \times 3,0) / 9,0 = 94,12 \text{ кН}$$

$$N_{6-5} = (R_9 \times 9,0 - F_{cp} \times 3,0 - F_{cp} \times 6,0 - F_{кр} \times 9,0) / 2,475 =$$

$$= (376,48 \times 9,0 - 94,12 \times 3,0 - 94,12 \times 6,0 - 47,06 \times 9,0) / 2,475 = 855,64 \text{ кН}.$$

Внутрішні зусилля в елементах ферми визначаємо за результатами статичного розрахунку в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2017 (рис. Г.6).

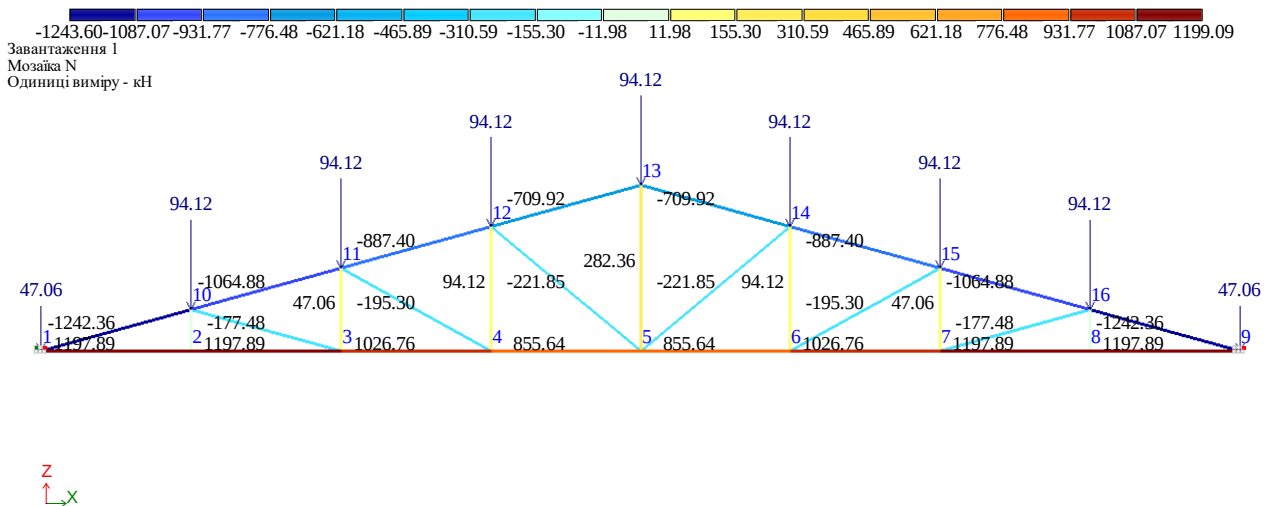


Рисунок Г.7 – Внутрішні зусилля N (кН) в елементах ферми

3. Підберемо перерізи елементів вузла №6 ферми із парних кутиків з умови міцності на розтяг і стиск

- для елемента нижнього поясу площа перерізу становить:

$$A_{cal}^{6-7} = \frac{N_{8-9}}{R_y \times \gamma_c} = \frac{1197,89 \cdot 10}{336,59 \cdot 1,00} = 35,6 \text{ см}^2,$$

де $R_y = R_{yn} / \gamma_m = 345 / 1,025 = 336,59$ МПа – розрахунковий опір сталі на розтяг і стиск.

За сортаментом ДСТУ 2251-93 приймаємо переріз із парних кутиків $100 \times 100 \times 10$ мм з такими геометричними характеристиками: площа перерізу $A^{6-7} = 2 \times 19,24 = 38,48 \text{ см}^2$, радіуси інерції $i_x = 3,05$ см, $i_y = 4,52$ см (при товщині фасонки 10 мм).

Перевіряємо гнучкість елемента нижнього поясу №6-7

- у площині ферми:

$$\lambda_x = l_{ef,x} / i_x = 300 / 3,05 = 98,36 < \lambda_u = 400,$$

- із площини ферми:

$$\lambda_y = l_{ef,y} / i_y = 600 / 4,52 = 132,74 < \lambda_u = 400.$$

Значення гнучкості елемента №6-7 не перевищує граничного значення, див. табл. 13.10 ДБН В.2.6-198 [3].

Аналогічно виконуємо розрахунок інших елементів вузла №6 ферми. Результати розрахунку наведено в табл. Г.3.

Таблиця Г.3

Результати розрахунку елементів вузла №6 ферми покриття

№ елемента	Розрахункове зусилля, кН	Переріз елемента	Площа перерізу, см ²	Розрахункова довжина, см		Радіус інерції, см		Гнучкість			Умова міцності та стійкості	Катет кутового зварного шва, мм		Розрахункова довжина кутового зварного шва, см	
				$l_{ef,x}$	$l_{ef,y}$	i_x	i_y	λ_x	λ_y	λ_u		k_f^o	k_f^n	l_w^o	l_w^n
Нижній розкіс 6-15	1197,89	2┐100x10	38,48	300	600	3,05	4,52	98,36	132,74	400	0,925	6	5	8,92	5,07
Стітка 6-14	-195,3	2┐56x5	10,82	273,9	342,4	1,72	2,69	159,24	127,29	161,83	0,80	6	5	10,04	5,65
Стілка 6-14	94,12	2┐50x4	7,78	198	247,5	1,54	2,43	128,57	101,85	400	0,36	6	5	5,36	3,24

4. Визначаємо розміри кутових зварних швів для елементів нижнього поясу вузла №6 ферми. Розрахункове зусилля $N = N_{6-7} - N_{6-7} = 1026,76 - 855,64 = 171,12$ кН. Ручне зварювання виконують електродом марки Э42А, розрахунковий опір кутового зварного шва $R_{wf} = 180$ МПа $= 18$ кН/см², $\beta_f = 0,7$. Переріз нижнього поясу прийнято із парних кутиків 100×100×8 мм. Катет шва обушка приймаємо 6 мм, пера – 5 мм. Обчислюємо довжини кутових зварних швів:

- по обушку

$$l_{wf}^0 = \frac{0,7 \times N}{2 \times \beta_f \times k_f \times R_{wf} \times \gamma_c} + 1 = \frac{0,7 \times 171,12}{2 \times 0,7 \times 0,6 \times 18 \times 1,0} + 1 = 8,92 \text{ см},$$

- по перу

$$l_{wf}^n = \frac{0,3 \times N}{2 \times \beta_f \times k_f \times R_{wf} \times \gamma_c} + 1 = \frac{0,3 \times 171,12}{2 \times 0,7 \times 0,5 \times 18 \times 1,0} + 1 = 5,07 \text{ см}.$$

Результати розрахунку кутових зварних швів для інших елементів вузла №6 ферми покриття наведено в таблиці Г.3.

Висновок: За результатами розрахунку було виконано підбір перерізу і визначено розміри зварних кутових швів елементів вузла ферми покриття.