

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра промислового, цивільного будівництва
та інженерних споруд

03-01-117М

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту «Дерев'яні конструкції
одноповерхової промислової будівлі»
з навчальної дисципліни «Конструкції з деревини та пластмас»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне
будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
всіх форм навчання.

Розрахунок трикутної ферми покриття

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННІБА
протокол № 2 від 01.10.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Дерев'яні конструкції одноповерхової промислової будівлі» з навчальної дисципліни «Конструкції з деревини та пластмас» на тему «Розрахунок трикутної ферми покриття» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Алексієвець В. І., Іванюк А. М. – Рівне : НУВГП, 2020. – 20 с.

Укладачі: Алексієвець В. І., кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд; Іванюк А. М., кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Відповідальний за випуск: Бабич Є. М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Керівник групи забезпечення спеціальності:

Бабич Є. М.

© Алексієвець В. І., Іванюк А. М., 2020
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2020

З М І С Т

1. Статичний розрахунок ферми.....	4
2. Підбір перерізів елементів ферми.....	8
3. Розрахунок та конструювання вузлових з'єднань	12
4. Запитання для підготовки до захисту курсового проекту.....	19
Література.....	20

1. Статичний розрахунок ферми

Збір навантажень на ферму виконуємо в табличній формі з врахуванням підібраних конструкцій покриття

Таблиця 1 – Збір навантажень на ферму, кН/м².

№	Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кПа	Розрахункові навантаження			
			експлуатаційне		граничне	
			коефіц. надійності, γ_{fe}	значення	коефіц. надійності γ_{fm}	значення
Постійні навантаження						
1	Тришарова руберойдна покрівля	0,015	1,0	0,015	1,3	0,0195
2	Цементна стяжка Товщиною 20 мм	0,36	1,0	0,36	1,3	0,468
3	Гідроізоляція	0,05	1,0	0,05	1,3	0,065
4	Утеплювач товщиною 250 мм	0,24	1,0	0,24	1,3	0,312
5	Пароізоляція	0,05	1,0	0,05	1,3	0,065
6	Захисне настилення товщиною 16 мм	0,08	1,0	0,08	1,1	0,088
7	Робоче настилення товщиною 22 мм	0,11	1,0	0,11	1,1	0,121
8	Прогони перерізом 12,5×17,5 см	0,11	1,0	0,11	1,1	0,121
Всього постійні			$g_e^n =$	1,015	$g_m^n =$	1,260
1	Снігове навантаження м. Чернівці	1,32	0,49	0,647	1,04	1,373
Повне навантаження			$g_e =$	1,662	$g_m =$	2,633

Навантаження від покриття:

- а) експлуатаційне $g_e^n = 1,015$ кН/м²;
- б) граничне $g_m^n = 1,260$ кН/м².

Снігове навантаження:

- а) експлуатаційне $g_e^c = 0,647$ кН/м²;
- б) граничне $g_m^c = 1,373$ кН/м².

Навантаження від власної ваги ферми:

а) експлуатаційне $g_e^\phi = \frac{g_e^n + g_e^c}{\frac{K_{ев} \cdot l}{1000} - 1} = \frac{1,015 + 0,647}{\frac{1000}{5 \cdot 17,1} - 1} = 0,155 \text{ кН/м}^2$;

б) граничне $g_m^\phi = g_e^\phi \gamma_{fm} = 0,155 \cdot 1,1 = 0,171 \text{ кН/м}^2$.

Все навантаження вважаємо прикладеним до верхнього поясу ферми. Обчислюємо навантаження, що діють на 1 п. м. ферми:

- постійне експлуатаційне $q_e = (g_e^n + g_e^\phi) \cdot B = (1,015 + 0,155) \cdot 4,5 = 5,27 \text{ кН/м}$;

- постійне граничне $q_m = (g_m^n + g_m^\phi) \cdot B = (1,260 + 0,171) \cdot 4,5 = 6,44 \text{ кН/м}$;

- снігове експлуатаційне $q_e^c = g_e^c \cdot B = 0,647 \cdot 4,5 = 2,91 \text{ кН/м}$;

- снігове граничне $q_m^c = g_m^c \cdot B = 1,373 \cdot 4,5 = 6,18 \text{ кН/м}$.

Навантаження у вузлах:

а) постійне

$$F^A = F^{A'} = q_m \cdot AB \cdot 0,5 \cdot \cos \alpha = 6,44 \cdot 4,507 \cdot 0,5 \cdot 0,9484 = 13,76 \text{ кН};$$

$$F^B = F^{B'} = F^B = q_m \cdot AB \cdot \cos \alpha = 6,44 \cdot 4,507 \cdot 0,9484 = 27,52 \text{ кН};$$

б) тимчасове (снігове)

$$F_s^A = F_s^{A'} = q_m^c \cdot AB \cdot 0,5 \cdot \cos \alpha = 6,18 \cdot 4,507 \cdot 0,5 \cdot 0,9484 = 13,21 \text{ кН};$$

$$F_s^B = F_s^{B'} = F_s^B = q_m^c \cdot AB \cdot \cos \alpha = 6,18 \cdot 4,507 \cdot 0,9484 = 26,42 \text{ кН}$$

Поздовжні зусилля в стержнях ферми визначаємо за допомогою програмного комплексу ЛІРА, розрахункові схеми ферми від постійного та снігового навантаження вказана на рис. 1. Жорсткості, параметри елементів та розрахункові зусилля в стержнях ферми наведені в табл. 2-4.

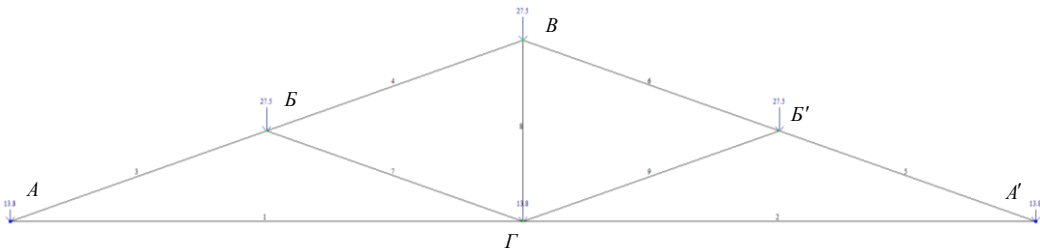


Рис. 1а. Розрахункова схема ферми: постійне навантаження

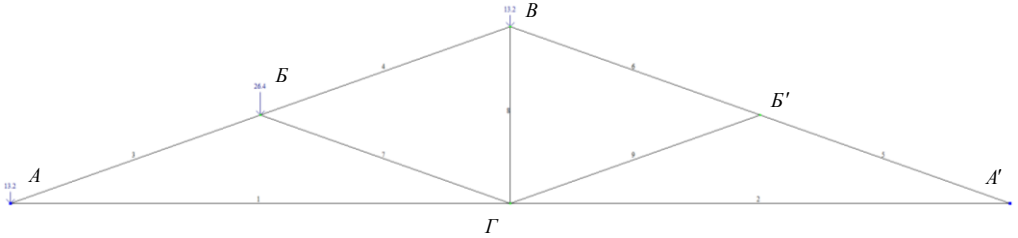


Рис. 1б. Розрахункова схема ферми: снігове на пів прольоту

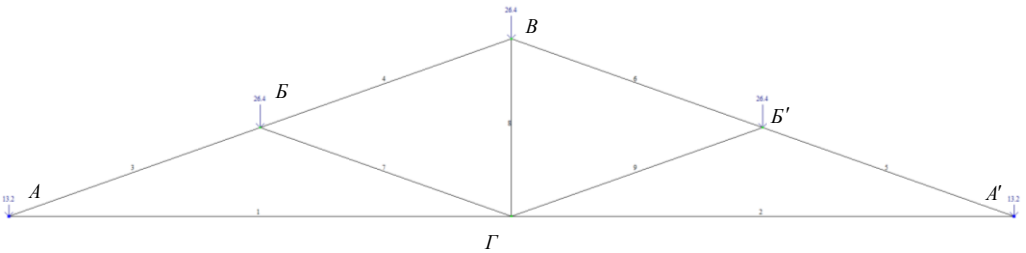


Рис. 1в. Розрахункова схема ферми: снігове на весь проліт

Результати розрахунку від трьох навантажень, які відображаються в РСН (програмний комплекс ЛІРА) наведені в табл. 3. При цьому снігові навантаження на пів прольоту та на проліт повинні бути взаємно виключеними.

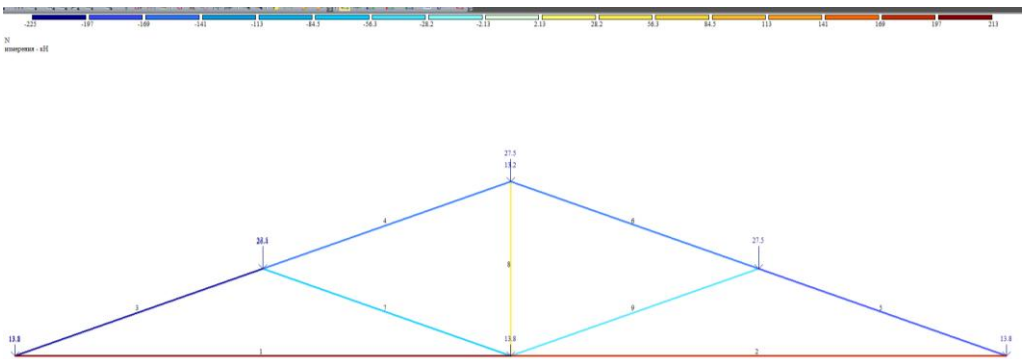


Рис. 1г. Зусилля в елементах ферми від РСН

Таблиця 2 – жорсткості елементів ферми

Таблиця жорсткостей		
Тип жорсткості	Ім'я	Параметри (сечення-(см) жорсткості-(кН,м) расп.вес-(кН,м))
1	Брус 15x20	$R_o=6.5, E=100000, GF=0$
		$B=15, H=20$
		$EF=3000.83, EI_y=0$
		$EI_z=0, GI_k=0$
2	Брус 15x17.5	$R_o=6.5, E=10000, GF=0$
		$B=15, H=17.5$
		$EF=262.573, EI_y=0$
		$EI_z=0, GI_k=0$

Таблиця 3 – зусилля в елементах ферми

Таблиця зусиль (стержни)								
		Зусилля						
№ элем	№ сечен	N (кН)	Mk (кН*м)	Mu (кН*м)	Qz (кН)	Тип элем	№ РСН	Состав
1	1	212.55	0.000	0.000	0.000	10	1	-
1	2	212.55	0.000	0.000	0.000	10	1	-
2	1	174.90	0.000	0.000	0.000	10	1	-
2	2	174.90	0.000	0.000	0.000	10	1	-
3	1	-225.26	0.000	0.000	0.000	10	1	-
3	2	-225.26	0.000	0.000	0.000	10	1	-
4	1	-143.80	0.000	0.000	0.000	10	1	-
4	2	-143.80	0.000	0.000	0.000	10	1	-
5	1	-185.36	0.000	0.000	0.000	10	1	-
5	2	-185.36	0.000	0.000	0.000	10	1	-
6	1	-143.80	0.000	0.000	0.000	10	1	-
6	2	-143.80	0.000	0.000	0.000	10	1	-
7	1	-81.46	0.000	0.000	0.000	10	1	-
7	2	-81.46	0.000	0.000	0.000	10	1	-
8	1	54.49	0.000	0.000	0.000	10	1	-
8	2	54.49	0.000	0.000	0.000	10	1	-
9	1	-41.56	0.000	0.000	0.000	10	1	-
9	2	-41.56	0.000	0.000	0.000	10	1	-

Таблиця 4 – максимальні зусилля в стержнях ферми

Елементи	Позначення	Розрахункові зусилля	
		Розтяг +	Стиск -
верхній пояс	АБ	-	-225,26
	БВ	-	-143,80
	Б'В	-	-143,80
	Б'А'	-	-225,26
нижній пояс	АГ	212,55	-
	Г'А'	212,55	-
розкоси	БГ	-	-81,46
	Б'Г	-	-81,46
стояк	ВГ	54,50	-
опорні реакції	R _А		107,88
	R _{А'}		107,88

2. Підбір перерізів елементів ферми

Верхній пояс:

Вузли верхнього поясу виконують лобовим упором елементів. Розрахунок елементів ведуть за схемою стиснуто-зігнутого стержня. Розрахунковий проліт $l = AB = 4,507$ м. Підбір перерізу проводять за наступними зусиллями:

- поздовжнє зусилля $N_{AB} = -225,26$ кН;
- згинаючий момент від зовнішнього рівномірно розподіленого навантаження

$$M_g = \frac{(q_m + q_m^c) \cdot l^2 \cos^2 \alpha}{8} = \frac{(6,44 + 6,18) \cdot 4,507^2 \cdot 0,9484^2}{8} = 28,8 \text{ кНм.}$$

Для зменшення моменту від зовнішнього навантаження M_g вузли верхнього поясу ферми конструюють з позacentровою передачею поздовжніх зусиль з від'ємним ексцентриситетом, завдяки чому в елементах верхнього поясу виникає розвантажуючий момент $M_e = Ne$. Оптимальну величину ексцентриситету e знаходять із умови рівності напружень в перерізі елемента посередині і на кінцях панелі

$$e = \frac{M_g}{N_{AB}(\xi + 1)} = \frac{28,8 \cdot 100}{225,26 \cdot (0,5 + 1)} = 8,52 \text{ см,}$$

де $\xi = 0,5$ – коефіцієнт, прийнятий орієнтовно.

Ексцентриситет в елементах утворюють шляхом зміщення центру площадок зминання у вузлах донизу від геометричної осі верхнього поясу на величину e , що конструктивно досягається влаштуванням візків в торцях елементів на глибину $2e$ від верхньої грані. Приймаємо ексцентриситет у вузлах верхнього поясу однаковим і рівним $e = 8,5$ см.

Приймаємо верхній пояс з бруса шириною $b = 20$ см і визначаємо необхідні мінімальні розміри торцевих площадок зминання в вузлах ферми:

а) в опорному і гребеновому вузлах зминання деревини відбувається під кутом

$$\alpha - \alpha_1 = 18^\circ 48' - 1^\circ 09' = 17^\circ 39' \text{ до напрямку волокон,}$$

де:

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{f_{\delta y \delta}}{0,5L} = \operatorname{arctg} \frac{0,171}{0,5 \cdot 17,1} = 1^\circ 09' ;$$

$$h_{з.м} = \frac{N_{AB}}{b \cdot f_{з.м,а}} = \frac{225,26}{20 \cdot 1,07} = 10,5 \text{ см ;}$$

$$\text{де } f_{з.м,а} = \frac{f_{c,0,d}}{1 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} - 1 \right) \sin^3 \alpha} = \frac{12,92}{1 + \left(\frac{12,92}{1,54} - 1 \right) \sin^3 17^\circ 39'} = 10,7 \text{ МПа ;}$$

де розрахункові опори стиску вздовж та поперек волокон визначаються за виразами

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ МПа ,}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \frac{2,5}{1,3} = 1,54 \text{ МПа}$$

де $k_{\text{mod}} = 0,8$ – перехідний коефіцієнт, що умови експлуатації і враховує вплив тривалості, визначається за табл. 8.1. ДБН В 2.6.-161:2010;

$\gamma_M = 1,3$ – коефіцієнт надійності за характеристикою матеріалу, визначається за табл. 7.3. ДБН В 2.6.-161:2010;

$f_{c,0,k} = 21 \text{ МПа}$ – характеристичний опір стиску деревини вздовж волокон, для класу міцності C24 у відповідності з табл. 1. EN 338:2003 Structural timber. Strength classes (Деревина конструктивна. Класи міцності);

$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ МПа}$ – характеристичний опір стиску деревини поперек волокон, для класу міцності C24 у відповідності з табл. 1. EN 338:2003 Structural timber. Strength classes (Деревина конструктивна. Класи міцності).

б) в проміжному вузлі змінання деревини відбувається вздовж волокон

$$h_p = \frac{N_{AB}}{b \cdot f_{c,0,d}} = \frac{225,26}{20 \cdot 1,292} = 8,71 \text{ см}.$$

Необхідна висота бруса верхнього поясу ферми:

$$h_{nec} = h_{p,max} + 2e = 8,71 + 2 \cdot 8,5 = 25,71 \text{ см}.$$

Приймаємо $h = 28 \text{ см}$.

Перевіряємо прийнятий переріз.

Геометричні характеристики:

$$A = 20 \times 28 = 560 \text{ см}^2;$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{20 \cdot 28^2}{6} = 2613 \text{ см}^3.$$

Гнучкість елемента в площині ферми

$$\lambda_y = \frac{l}{0,289 \cdot b} = \frac{450,7}{0,289 \cdot 20} = 78.$$

Розрахунковий згинаючий момент:

$$M_y = M_g - M_e = M_g - N_{AB} \cdot e = 28,8 - 225,26 \cdot 0,085 = 9,65 \text{ кНм}.$$

Для розрахунку елементів за спільної дії стиску та згину необхідно встановити відносну гнучкість $\lambda_{rel,y}$, яка визначається з виразу:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{78}{3,14} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,3$$

При спільній дії стиску і згину та відносній гнучкості елемента $\lambda_{rel,y} > 0,3$ має виконуватися наступна умова:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

де $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{AB}}{b \cdot h} = \frac{225,26}{20 \cdot 28} = 0,402 \frac{\kappa H}{\text{см}^2} = 4,02 \text{ МПа}$ – напруження від стиску;

$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9,65 \cdot 10^2}{1867} = 0,517 \frac{\kappa H}{\text{см}^2} = 5,17 \text{ МПа}$ – напруження від

згинаючого моменту;

$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір стиску для деревини С24;

$f_{m,y,d} = 14,77 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір згину для деревини С24.

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,445 + \sqrt{1,445^2 - 1,3^2}} = 0,482$$

$$k_y = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0,5 \left(1 + 0,2(1,3 - 0,3) + 1,3^2 \right) = 1,445$$

$\beta_c = 0,2$ – коефіцієнт для елементів у межах прямолінійності, визначається з п. 11.3.2.3 ДБН В 2.6.-161:2010;

$$\frac{4,02}{0,482 \cdot 12,92} + \frac{5,17}{14,77} = 0,996 < 1$$

Умова виконується.

Розтягнуті елементи:

Розрахункові зусилля в елементах: $N_{AG} = 212,55 \text{ кН}$; $N_{ГВ} = 54,5 \text{ кН}$.

Проектуємо розтягнуті елементи з двох круглих тяжів.

Необхідна площа перерізу елемента АГ:

$$A_{nec} = \frac{N_{AG}}{R_y \gamma_c} = \frac{212,55}{23 \cdot 1} = 9,24 \text{ см}^2,$$

де $R_y = 230 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір для арматурної сталі А240, товщиною 2-20 мм.

Необхідний діаметр одного тяжа визначаємо за виразом

$$d_{nec} = \sqrt{\frac{A_{nec} \cdot 4}{2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{9,24 \cdot 4}{2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 3,14}} = 2,94 \text{ см},$$

де 0,8 – коефіцієнт, який враховує послаблення перерізу різьбою;
0,85 – коефіцієнт несумісності роботи двох стержнів.

Приймаємо елемент АГ з двох стержнів діаметром 30 мм кожний.

Аналогічно визначаємо діаметри стержнів елементів ВГ.

$$A_{nec} = \frac{N_{BG}}{R_y \gamma_c} = \frac{54,5}{23 \cdot 1} = 2,37 \text{ см}^2,$$

$$d_{nec} = \sqrt{\frac{A_{nec} \cdot 4}{2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{2,37 \cdot 4}{2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 3,14}} = 1,49 \text{ см},$$

Приймаємо елемент ВГ з двох стержнів діаметром 16 мм кожний.

Стержні АГ, ВГ та інших елементів розташовані щільно один до одного та з'єднані між собою по довжині через 1 м за допомогою зварювання.

3. Розрахунок та конструювання вузлових з'єднань

Опорний вузол (рис. 3.1).

Розрахункові зусилля:

$$N_{AB} = -225,26 \text{ кН}; N_{AG} = 212,55 \text{ кН}; R_A = 107,88 \text{ кН}.$$

Необхідна довжина горизонтальної площадки обпирання із умови зминання обв'язочного бруса поперек волокон визначається за формулою

$$l_{nec} = \frac{R_A}{b \cdot f_{zm,90}} = \frac{107,88}{20 \cdot 0,16} = 33,7 \text{ см},$$

Для утворення горизонтальної опорної площадки використовуємо подушку перерізом 200x200 мм довжиною 950 мм із зрізкою горизонтальної площадки 300 мм. Подушка врізається в брус верхнього поясу на глибину 90 мм, що забезпечує необхідний ексцентриситет $e = (0,5 \cdot 20 - 2) + 0,5 \cdot 2 = 9 \text{ см}$ і достатню площу зминання торця.

Перевіряємо довжину подушки на сколювання вздовж волокон:

$$l_{nod} = \frac{N_{AB}}{b \cdot f_{v,d}} = \frac{225,26 \cdot 10}{20 \cdot 1,54} = 73,1 \text{ см} < 95 \text{ см},$$

де $f_{v,d} = 1,54 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір зсуву для деревини С24.

Подушка кріпиться до брусу двома парами болтів діаметром 16 мм. Нижній пояс приєднується до опорного вузла траверсою, звареною із швелера № 10, стінка якого підсилена листом товщиною 10 мм, і листа розміром 20x160 мм. Ширина листа забезпечує необхідний розмір висоти площадки зминання торця верхнього поясу (подушки), який дорівнює $h_p = 12,6$ см.

Траверса розраховується на згин з розрахунковим прольотом, рівним відстані між вітками нижнього поясу:

$$l_{mp} = b + 2(d_{AG} + 1,5) = 20 + 2 \cdot (1,6 + 1,5) = 26,2 \text{ см.}$$

Розрахунковий момент:

$$M_{TP} = \frac{N_{AG}}{2} \left(\frac{l_{TP}}{2} - \frac{b}{4} \right) = \frac{212,55}{2} \left(\frac{26,2}{2} - \frac{20}{4} \right) = 860,8 \text{ кН}\cdot\text{см.}$$

Геометричні характеристики перерізу

а) площа перерізу:

$$A = A_{II} + A_{III} + A_{II2} = 10 \times 1 + 10,9 + 16 \times 2 = 52,9 \text{ см}^2;$$

б) положення центру ваги

$$z = \frac{S}{A} = \frac{(A_{II} + A_{III})y}{A} = \frac{(10 + 10,9) \cdot 5,1}{52,9} = 2,02 \text{ см,}$$

де $y = 5,1$ см (див. рис. 3.1);

в) момент інерції перерізу

$$I = I_1 + A_1(y-z)^2 + I_2 + A \cdot z^2 = 40,86 + 20,9 \cdot (5,1 - 2,02)^2 + 10,67 + 32 \cdot 2,02^2 = 380,37 \text{ см}^4,$$

де $I_1 = 20,4 + 0,94^2 \cdot 10,9 + \frac{10 \cdot 1^3}{12} + 1^2 \cdot 10 = 40,86 \text{ см}^4$ – момент інерції

швелера і листа ($t=10$),

$$I_2 = \frac{16 \cdot 2^3}{12} = 10,67 \text{ см}^4$$
 – момент інерції листа 20x160 мм відносно

власних осей;

г) мінімальний момент опору

$$W_{\min} = \frac{I}{h-z} = \frac{380,37}{6,6-2,02} = 83,05 \text{ см}^3.$$

Нормальні напруження:

$$\sigma = \frac{M_{TP}}{W_{\min}} = \frac{860,8}{83,05} = 10,4 \text{ кН/см}^2 < \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n} = \frac{23 \cdot 1}{0,95} = 24,2 \text{ кН/см}^2.$$

Перевіряємо на згин лист траверси за величини тиску від зусилля в нижньому поясі:

$$g = \frac{N_{AF}}{l_{TP} b} = \frac{212,55}{16 \cdot 20} = 0,66 \text{ кН/см}^2,$$

де: $l_m = 16$ см – довжина листа траверси.

Згинаючий момент для смуги середньої ділянки шириною $b = 1$ см за прольоту $l = 10$ см і защемлених кінцях

$$M = \frac{gbl^2}{12} = \frac{0,66 \cdot 1 \cdot 10^2}{12} = 5,5 \text{ кН}\cdot\text{см}.$$

Те ж саме, для консольної ділянки з $l = 3$ см

$$M = \frac{gbl^3}{6} = \frac{0,66 \cdot 1 \cdot 3^3}{6} = 0,99 \text{ кН}\cdot\text{см}.$$

Необхідна товщина плити

$$t_{nec} = \sqrt{\frac{6M\gamma_n}{R_y \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 5,5 \cdot 0,95}{23 \cdot 1}} = 1,17 \text{ см}.$$

Приймаємо $t = 20$ мм.

Розраховуємо зварні шви для кріплення швелера до листа. Довжина траверси $35 + 2 \times 5 = 45$ см. Необхідна висота шва:

$$k_f = \frac{N}{2l_w \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c} = \frac{212,55 \cdot 10}{2 \cdot 43 \cdot 0,9 \cdot 180,4 \cdot 1 \cdot 1} = 0,15 \text{ см}$$

де $l_w = 43$ см – розрахункова довжина шва;

$\beta_f = 0,9$ – коефіцієнт переходу від катета шва до ширини відповідної площини руйнування;

$R_{wf} = \frac{0,55 R_{wun}}{\gamma_{wm}} = \frac{0,55 \cdot 410}{1,25} = 180,4$ МПа – розрахунковий опір в перерізі по

металу шва;

$R_{wun} = 410$ МПа – нормативний опір металу шва за тимчасовим опором;

$\gamma_{wm} = 1,25$ – коефіцієнт надійності за матеріалом шва;

$\gamma_{wf} = 1$ – коефіцієнт умов роботи шва;

$\gamma_c = 1$ – коефіцієнт умов роботи.

Приймаємо катет шва $k_f = 4$ мм.

Кріплення ферми до об'язочного бруса виконуємо на болтах $d = 16$ мм за допомогою кутиків 80×8 мм.

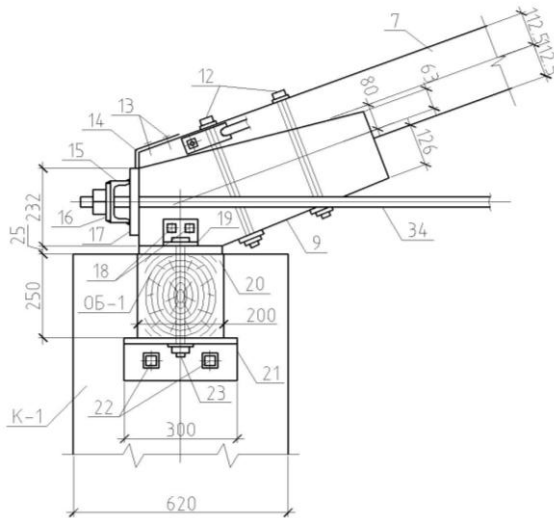


Рис. 3.1. Опорний вузол

Вузол нижнього поясу (рис. 3.2).

Розрахункові зусилля:

$$N_{AG} = N_{AG'} = 212,55 \text{ кН}; N_{BG} = 54,5 \text{ кН}; N_{BГ} = 81,46 \text{ кН};$$

Фасонки у вузлі виконані із листової сталі $t_\phi = 10$ мм з отворами для валиків. Елементи нижнього поясу і стоек кріпляться за допомогою петель, діаметри яких: для АГ – 30 мм, ГВ – 16 мм.

Розрахунковий проліт валиків

$$l_v = d_{nem} + t_\phi = 35 + 10 = 45 \text{ мм} = 4,5 \text{ см.}$$

Розрахунковий момент в валиках для кріплення горизонтальних тягів за максимальним зусиллям

$$M = \frac{N_{AG} l_b}{4} = \frac{212,55 \cdot 4,5}{4} = 239,1 \text{ кН}\cdot\text{см.}$$

Необхідний діаметр валиків

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{M\gamma_n}{0,1R_y\gamma_c}} = \sqrt[3]{\frac{239,1 \cdot 0,95}{0,1 \cdot 31,5 \cdot 1}} = 4,2 \text{ см.}$$

Приймаємо $d = 42 \text{ мм}$.

Перевіряємо прийнятий діаметр валика:

а) на зріз

$$\sigma_s = \frac{4N_{AG}}{2\pi d_b^2} = \frac{4 \cdot 212,55}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,2^2} = 7,67 \text{ кН/см}^2 < \frac{R_s\gamma_c}{\gamma_n} = \frac{18,3 \cdot 1}{0,95} = 19,3 \text{ кН/см}^2;$$

б) на зминання фасонки

$$\sigma_p = \frac{N_{AG}}{2t_i d_b} = \frac{212,55}{2 \cdot 1 \cdot 4} = 13,3 \text{ кН/см}^2 < \frac{R_p\gamma_c}{\gamma_n} = \frac{44,9 \cdot 1}{0,95} = 47,3 \text{ кН/см}^2,$$

$$\text{де } R_s = \frac{0,58R_{yn}}{\gamma_m} = \frac{0,58 \cdot 30,5}{1,025} = 17,3 \text{ кН/см}^2, R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m} = \frac{46,0}{1,025} = 44,9 \text{ кН/см}^2,$$

$\gamma_m = 1,025$ – коефіцієнт надійності за матеріалом.

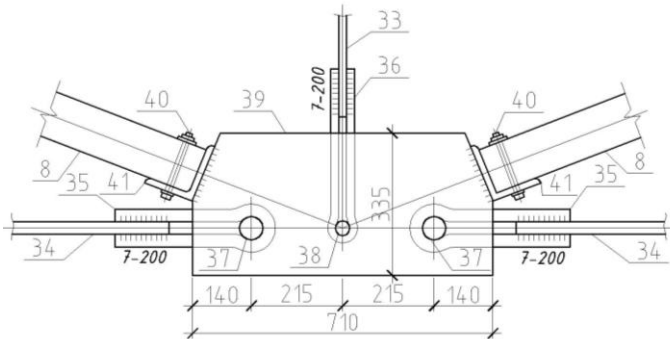


Рис. 3.2. Вузол нижнього поясу

Таким же чином підбираємо валик для кріплення стояка.

Розрахунковий проліт валиків

$$l_e = d_{nem} + t_{\phi} = 20 + 10 = 30 \text{ мм} = 3,0 \text{ см.}$$

Розрахунковий момент в валиках для кріплення розкошу тяжів за максимальним зусиллям

$$M = \frac{N_{БГ} l_b}{4} = \frac{65,53 \cdot 3}{4} = 41,6 \text{ кН}\cdot\text{см.}$$

Необхідний діаметр валиків

$$d_b = \sqrt[3]{\frac{M\gamma_n}{0,1R_y\gamma_c}} = \sqrt[3]{\frac{41,6 \cdot 0,95}{0,1 \cdot 23 \cdot 1}} = 2,65 \text{ см.}$$

Приймаємо $d = 38 \text{ мм.}$

Найменша ширина фасонки в місці послаблення отворами

$$b_{\min} = d_b + \frac{N_{AG}\gamma_n}{2t_f R_y \gamma_c} = 6 + \frac{175,794 \cdot 0,95}{2 \cdot 1 \cdot 23 \cdot 1} = 15,42 \text{ см.}$$

Із конструктивних міркувань приймаємо

$$b_{\phi} = 2 \cdot 1,5 d_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 6 = 18 > b_{\min} = 15,42 \text{ см.}$$

Мінімальна довжина зварних швів при $k_f = 7 \text{ мм}$ для кріплення петель до тяжів із двох круглих стержнів

$$l_w = \frac{N_{AG}}{2k_f \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c} = \frac{175,794 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 180,4 \cdot 1 \cdot 1} = 20,0 \text{ см.}$$

Приймаємо $l_w = 20 \text{ см.}$

Оскільки в стояку діють тільки зусилля стиску, то впираємо його в кутик $250 \times 160 \times 12 \text{ мм}$, який приварений до фасонки, і кріпимо двома болтами діаметром $d = 10 \text{ мм.}$

Проміжний вузол верхнього поясу (рис. 3.3).

Зусилля від одного елемента верхнього поясу на другий передаються лобовим упором через площадки зминання, висота яких $h_{зм} = h - 2e = 20 - 2 \cdot 2 = 16 \text{ см}$ більша необхідної висоти $h_{\text{необ}} = 12,6 \text{ см.}$ Стик у вузлі перекривається двома дерев'яними накладками перерізом $150 \times 75 \text{ мм}$ довжиною 720 мм на болтах діаметром $d = 10 \text{ мм.}$

Зусилля від стояка передається на верхній пояс через торець упором. Упирання виконуємо за допомогою пластин товщиною 10 мм , стояк кріпимо болтом діаметром $d = 10 \text{ мм.}$

Гребеневий вузол (рис. 3.4).

Гребеневий вузол виконуємо лобовим упором з перекриттям стика парними накладками розміром $125 \times 200 \times 1120 \text{ мм}$. З кожного боку стика ставимо по три болти діаметром $d = 10 \text{ мм}$. Зминання брусів в стику по вертикальній площині не перевіряємо, оскільки вона забезпечена повністю.

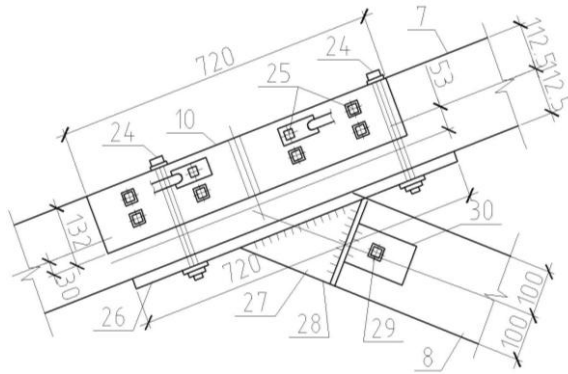


Рис. 3.3. Проміжний вузол верхнього поясу

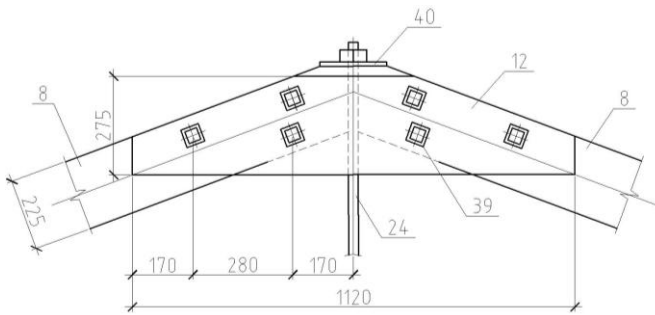


Рис. 3.4. Гребеневий вузол

4. Запитання для підготовки до захисту курсового проекту

1. Пиломатеріали яких порід використовуються для виготовлення несучих дерев'яних конструкцій? Які матеріали та яких порід Ви використовували у курсовому проекті?
2. Які категорії несучих конструкцій слід використовувати для розтягнутих і згинальних елементів?
3. Що називають граничним станом конструкцій?
4. В чому сенс розрахунку за першою та другою групою граничних станів?
5. Що таке характеристичний опір деревини і де його взяти?
6. Який зв'язок між характеристичним і розрахунковим опором матеріалів?
7. Який фізичний сенс коефіцієнта надійності за навантаженням?
8. Які коефіцієнти умов використовувались Вами в курсовому проекті і що вони враховують?
9. Які елементи чи конструкції запроєктованої будівлі працюють на згин і як вони розраховуються?
10. Запишіть умови розрахунку згинальних елементів за першою групою граничних станів.
11. Які навантаження діють на ферму покриття?
12. В чому полягає суть сполучення навантажень, при визначенні зусиль в стержнях ферми?
13. Нарисуйте розрахункову схему ферми.
14. На що працюють елементи ферми?
15. З якого матеріалу проектують розтягнуті елементи ферми і в чому полягає суть їхнього розрахунку?
16. З яких конструктивних елементів складається опорний вузол ферми та в чому полягає суть його розрахунку та конструювання?
17. Як виконується конструювання гребеневого вузла ферми та проміжного вузла верхнього поясу?

Література

1. Гринь И. М. Проектирование и расчет конструкций : учеб. пособ. Киев : Будівельник, 1988. 239 с.
2. Гринь И. М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов : учеб. пособ. Киев : Вища школа, 1990. 221 с.
3. Зубарев Т. Н. Конструкции из дерева и пластмасс : учеб. пособ. М. : Высшая школа, 1990. 281 с.
4. Иванов В. А. Конструкции из дерева и пластмасс : учеб. пособ. Киев : Вища школа, 1981. 391 с.
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций к СНиП II-25-80. М. : Стройиздат, 1986. 215 с.
6. Рекомендации по проектированию конструкций из дерева и пластмасс. М. : Стройиздат, 1974. 224 с.
7. ДСТУ Б А.2.4-39:2008. Креслення будівельні. Правила виконання креслень дерев'яних конструкцій. [Чинний від . 2010. 01.01]. Вид офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 10с. (Інформація та документація).
8. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007. 01.01]. Вид офіц. Київ: Сталь, 2006. – 59 с. (Нормативний документ Мінбуду України. Норми проектування).
9. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків та споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2018. 02.01]. Видання офіц. Київ: ДП Укрархбудінформ, 2011. 102с. (Нормативний документ Мінрегіонбуду України. Норми проектування.)
10. Шишкин В.Е. Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс : учеб. пособ. М.: Стройиздат, 1974. 224с.
11. Конструкції з деревини і пластмас / Погореляк А.П., Романюк В.В., Чернолоз В.С., Погореляк О.А. Рівне: РДТУ, 2001. 392с.
12. Гомон С.С. Конструкції з дерева та пластмас: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2016.219с.
13. ДСТУ Б А.2.4-7:2009. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень [Чинний від 2018. 02.01]. Видання офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 78с. (Нормативний документ Мінрегіонбуду України).