

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки,
Молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-6.01

Державний університет «Житомирська політехніка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
(повна назва кафедри, циклової комісії)

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ
з дисципліни «Будівельні конструкції»
(назва дисципліни)

Студентки 3 курсу групи ПЩБ-1
Освітня програма 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Бережна Олена Олександрівна
(прізвище та ініціали)

Керівник Байда Денис Миколайович
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії:

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Житомир – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ №1. КОМПОНУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ.....	3
1.1. Збір навантажень.....	3
1.2. Визначення зусиль в елементах.....	4
РОЗДІЛ №2. ПІДБІР ПЕРЕРІЗІВ ЕЛЕМЕНТІВ ФЕРМИ.....	8
2.1. Верхній пояс.....	8
2.2. Нижній пояс.....	10
РОЗДІЛ №3. КОНСТРУЮВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМИ.....	12
3.1. Зварні шви.....	12
3.2. Розрахунок вузлів.....	16
РОЗДІЛ №4. РОЗРАХУНОК ПРОГИНУ.....	25
ВИСНОВКИ.....	27
Використана література.....	28
Додатки (креслення).....	

					<i>КГТБ.КП24.192.01.073</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Бережна О.О.</i>							<i>1</i>	
<i>Перевірів</i>		<i>Байда Д.М.</i>								
<i>Рецензував</i>										
<i>Н.Контр.</i>										
<i>Затвердив</i>										

ВСТУП

Фермою є наскрізна конструкція, що працює на згин або згин зі стиском та складається з окремих стержнів, які, з'єднуючись у вузлах, утворюють геометрично незмінну систему. При прикладанні зовнішніх навантажень у вузлах, елементи ферми сприймають тільки поздовжні зусилля стиску або розтягу. За аналогією з суцільними балками умовно вважають, що у верхніх та нижніх поясах ферм осьові зусилля виникають від балкових згинальних моментів, а в гратці – розкосах та стояках – від поперечних сил.

При невеликих навантаженнях та великих прольотах ферми є більш економічними, ніж суцільні балки, завдяки раціональному використанню матеріалу стержнів – при осьових зусиллях нормальні напруження розподіляються по перерізу рівномірно, в той час як при згині найбільш напруженими є тільки крайні волокна.

Ферми потребують значно більших трудовитрат у порівнянні з балками. Вони можуть мати будь-який обрис залежно від компоновальних та функціональних вимог. Ферми раціональні прирізних навантаженнях, включаючи важкі, що характерно, наприклад, для мостових конструкцій.

Галузь застосування ферм досить широка, але найбільше розповсюдження вони знайшли в покриттях виробничих та громадських будівель, а також у великогабаритних спорудах (великопрольотні конструкції, башти, опори ліній електропередач, транспортні галереї, прольотні будови мостів, в'язеві системи каркасів будівель тощо).

					<i>КГТБ.КП24.192.01.073</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бережна О.О.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Байда Д.М.</i>					2	
<i>Рецензував</i>								
<i>Н.Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

РОЗДІЛ №1

КОМПОНУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ

1.1. Збір навантажень

Вихідні дані на проектування:

Проліт ферми (L) – 27 (м); висота $H_1=1,5$ м; висота в коньку $H=1/9 L = 27/9 = 3,0$ (м).

Крок ферм (B) – 6,2 (м); місце будівництва – м. Рівне;

Матеріал конструкцій: кутики – сталь С255 ($R_y = 240$ МПа, для фасонного прокату 2...20 мм, за табл. 5), фасонки – сталь С255 (прийнято) ($R_y = 250$ МПа, для листового прокату 4...10 мм, $R_y = 240$ МПа, для листового прокату 10...20 мм за табл. 5) за ДСТУ 8539:2015.

Приймаємо напівавтоматичне зварювання під флюсом зварювальним дротом марки СВ-08А (ДСТУ ISO 544) діаметром $d = 2$ (мм). Для монтажу застосовується ручне зварювання електродами Э42А за ДСТУ ISO 544 [1, табл. Д.1]. Болти нормальної точності класу 5.6.

Клас наслідків об'єкта – СС2, для усталених ситуацій (,

Ферми не зазнають безпосереднього динамічного впливу.

Конструкція покриття – залізобетонні ребристі плити покриття розміром 6×3 м.

Покрівля з чотирьохшарового руберойду із захисним шаром гравію, що втоплений у бітумну мастику. Покриття утеплене мінераловатними плитами.

					КГТБ.КП24.192.01.073			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Бережна О.О.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Байда Д.М.					3	
Рецензував								
Н.Контр.								
Затвердив								

1.2. Визначення зусиль в елементах

Для визначення розрахункових зусиль в стержнях ферми попередньо виконуємо збір навантажень та зводимо його у таблицю 1.

Збір навантажень на кроквяну ферму, кН/м²

Таблиця №1.1

№ п/п	Тип навантаження	Характеристичне значення навантаження	γ_{fe}	γ_{fm}	Експлуатаційне розрахункове навантаження	Граничне розрахункове навантаження
Постійне навантаження						
1.	Шар гравію втоплений у бітумну мастику, $t=15\text{мм}$, $\gamma=20\text{кН/м}^3$	0,3	1,0	1,3	0,3	0,39
2.	Чотири шари руберойду на бітумній мастиці $0,04 \times 4 = 0,16$	0,16	1,0	1,3	0,16	0,21
3.	Цементно-піщана стяжка $t=20\text{ мм}$, $\gamma=20\text{кН/м}^3$	0,4	1,0	1,3	0,4	0,52
4.	Утеплювач – мінераловатні плити густиною $\gamma=300\text{кг/м}^3$ завтовшки 80 мм	0,24	1,0	1,2	0,24	0,30
5.	Пароізоляція з одного шару руберойду	0,05	1,0	1,2	0,05	0,06
6.	Збірні залізобетонні ребристі плити покриття $5,7 \times 3\text{ м}$ ($m=2650 \times 5,7/6\text{ кг}$)	1,47	1,0	1,1	1,47	1,62
7.	Власна вага ферми із зв'язками (додаток 2, [1]) $0,3+0,05=0,35$	0,35	1,0	1,05	0,35	0,37
	Всього:	-	-	-	2,97	3,47
Тимчасове навантаження						
8.	Снігове навантаження для м. Рівне	1,32	0,49	1,00	0,76	1,55
	Повне навантаження	-	-	-	$q_{\text{експл.}} = 3,66$	$q^{2p} = 5,35$

Снігове навантаження для м. Рівне згідно [4] складає $S_0 = 1,32$ (кПа).

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття згідно формули 8.1 [4]

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C. \quad (1.1)$$

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		4

За завданням термін експлуатації будівлі складає 50 років, тому $\gamma_{fm} = 1,00$ [табл. 8.1, 4]. Коефіцієнт $C = \mu C_e \cdot C_{alt} = 1 \cdot 1 \cdot 1$, оскільки кут нахилу верхнього поясу ферми до горизонталі ($\mu = 1$ при $\alpha \leq 25^\circ$ [дод. Ж, 4], режим експлуатації покрівлі не зазначений у завданні на проектування, тобто $C_e = 1$, висота над рівнем моря для м. Рівне менше 0,5 км, тобто $C_{alt} = 1$). Отже граничне розрахункове значення снігового навантаження $S_m = 1 \cdot 1,55 \cdot 1 = 1,55$ (кН/м²).

Експлуатаційне розрахункове значення снігового навантаження розраховуємо за формулою 8.2 [1]

$$S_m = \gamma_{fe} S_0 C, \quad (1.2)$$

де γ_{fe} – коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням снігового навантаження, приймаємо згідно п. 8.12 [1] $\gamma_{fe} = 0,49$, як для об'єктів масового будівництва. Отже $S_m = \gamma_{fe} S_0 C = 0,49 \cdot 1,55 \cdot 1 = 0,76$ (кН/м²).

Вузлове навантаження на ферму:

- граничне розрахункове $F = \frac{q^{zp} \cdot B \cdot d}{\cos \alpha} = \frac{5,35 \cdot 6,2 \cdot 2,7}{1} = 89,56$ (кН),

де d – довжина панелі верхнього поясу (рис. 2);

$\cos \alpha$ – в загальному випадку косинус кута нахилу верхнього поясу до горизонталі (тут $\alpha=0^\circ$, $\cos \alpha=1$).

Оскільки при дійсній роботі рами в ригелі виникають повздовжні зусилля, а в даній роботі ферма розраховується в контексті самостійної конструкції, навантаження від рамного зусилля умовно приймаємо таким, що дорівнює нулю.

Зусилля визначаємо графічним способом за допомогою діаграми Максвелла-Кремони.

Оскільки ферма симетрична, визначаємо зусилля лише у половині від всієї кількості елементів. Отримані значення зводимо до таблиці 1.2.

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Результати статичного розрахунку поперечної рами засобами

ПК «Ліра-САПР»

На рисунку 1.1 показана розрахункова модель поперечної рами з нумерацією її елементів. На рисунках 1.2-1.3 представлені вибіркові результати розрахунку зусиль в елементах поперечної рами.

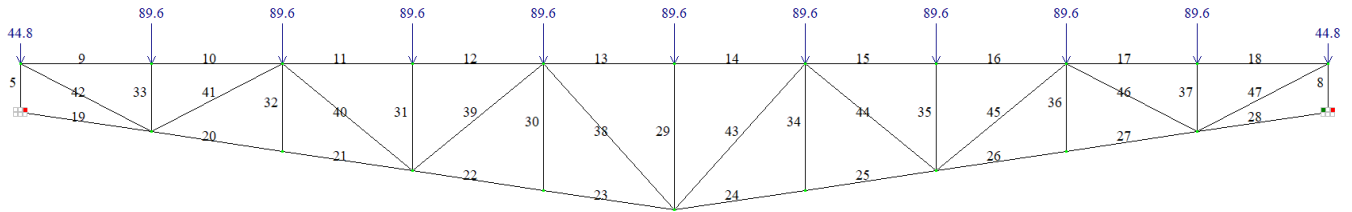


Рисунок 1.1. Розрахункова модель поперечної рами з нумерацією елементів

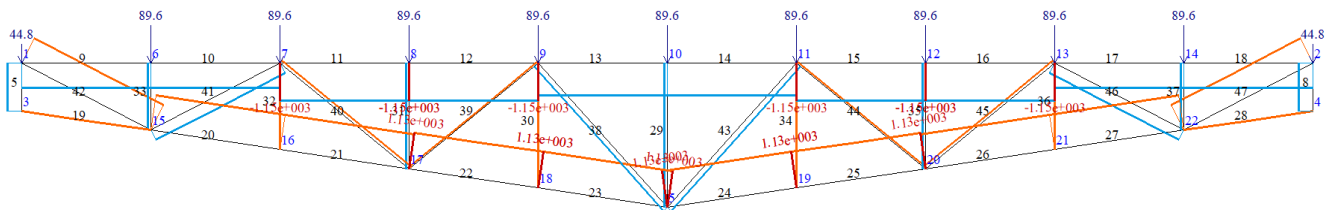


Рисунок 1.2. Розрахункові значення поздовжніх сил N (кН)

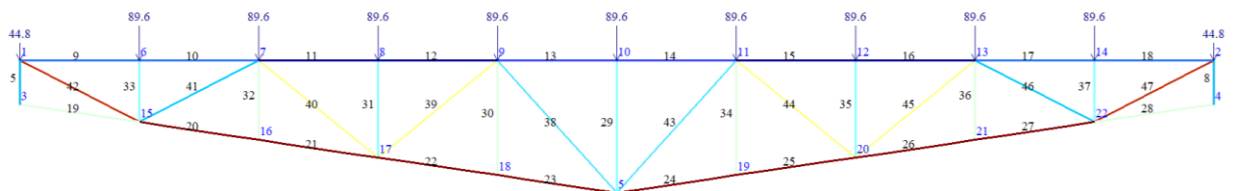


Рисунок 1.3. Розрахункові значення поздовжніх сил N (кН) що включає постійні навантаження

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

Зусилля в елементах ферми

Таблиця №1.2

Номер елемента (див. рис. 1.1)	Номер переріза	Розрахункові зусилля			Сполучення навантажень	Примітка
		N , кН	M_y , кН·м	Q_z , кН		
9	2	-777,25	0	0	2 3	Верхній пояс ферми
10	2	-777,25	0	0	2 3	
11	2	-1154,1	0	0	2 3	
12	2	-1154,1	0	0	2 3	
13	2	-1007,55	0	0	2 3	
19	2	0	0	0	2 3 5	Нижній пояс ферми
20	2	1086,45	0	0	2 3	
21	2	1086,45	0	0	2 3	
22	2	1128,23	0	0	2 3	
23	2	1128,23	0	0	2 3	
5	2	-447,8	0	0	2 3	Елементи решітки ферми
42	2	875,53	0	0	2 3	
33	2	-89,56	0	0	2 3	
41	2	-335,08	0	0	2 3	
32	2	0	0	0	2 3	
40	2	102,40	0	0	2 3	
31	2	-89,56	0	0	2 3	
39	2	49,08	0	0	2 3	
30	2	0	0	0	2 3	
38	2	-162,20	0	0	2 3	
29	2	-89,56	0	0	2 3	

Примітка. В таблиці наведені РСЗ для елементів лівої половини розрахункової схеми з врахуванням її дзеркальної симетрії.

Згідно отриманих зусиль (табл. 1.2), з урахуванням рекомендацій [1] призначаємо розмір фасонки $t_{\phi}=14$ (мм) за максимальним зусиллям в відправочній одиниці.

РОЗДІЛ №2.

ПІДБІР ПЕРЕРІЗІВ ЕЛЕМЕНТІВ ФЕРМИ

2.1. Верхній пояс

Елементи № 9-13 на рисунку 1.1. Верхній пояс ферми приймаємо перерізом одного типорозміру на всій довжині (половині ферми). За результатами статичного розрахунку найбільше стискаюче зусилля виникає в елементах №11 і №12 і дорівнює $N = -1154,1$ кН (див. табл. 1.2). Підбір перерізу верхнього поясу виконуємо із розрахунку стійкості при центральному стиску згідно з методикою пп. 8.1.3 ДБН В.2.6-198 [1].

Розрахункова довжина верхнього пояса в площині ферми дорівнює геометричній відстані між її вузлами $l_{ef,z} = l = 270$ см [1, пп. 13.1.1]. Розкріплення поясу у напрямку із площини ферми здійснюють прогони, але тільки ті, які працюють в складі в'язевого блоку. Враховуючи це розрахункова довжина верхнього поясу у напрямку із площини ферми дорівнює $l_{ef,y} = l_1 = 540$ см. Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 0,8$ [1, табл. 5.1] як для стиснутих елементів з парних кутиків. Попередньо приймаємо з умови економічності максимальну гнучкість стиснутого поясу $\lambda = 80$, яка не перевищує допустимого значення $[\lambda] = 200$.

Необхідні параметри для розрахунку коефіцієнту стійкості при центральному стиску:

$$\text{умовна гнучкість } \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 80 \sqrt{\frac{239,0}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,73;$$

коефіцієнти $\alpha = 0,04$, $\beta = 0,14$ для кривої стійкості «с» [1, табл. 8.1];

$$\text{коефіцієнт } \delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87 \cdot (1 - 0,04 + 0,14 \cdot 2,73) + 2,73^2 = 20,67.$$

Коефіцієнт стійкості при центральному стиску:

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}^2} \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \bar{\lambda}^2} \right) = \frac{0,5}{2,73^2} \left(20,67 - \sqrt{20,67^2 - 39,48 \cdot 2,73^2} \right) = 0,612.$$

					КГТБ.КП24.192.01.073		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Бережна О.О.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Байда Д.М.				8	
Рецензував							
Н.Контр.							
Затвердив							

Так як для кривої стійкості «с» $\bar{\lambda} = 2,73 > 0,4$ та $\bar{\lambda} = 2,73 \leq 5,8$ остаточно приймаємо $\varphi = 0,612$ (додаткові умови згідно з [1, пп. 8.1.3], які слід перевіряти для кривої стійкості «с»).

З умови стійкості при центральному стиску:

$$\frac{N\gamma_n}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1$$

визначаємо умову підбору перерізу за значенням потрібної площі стиснутого поясу:

$$A \geq A_{\text{пт.}} = \frac{N\gamma_n}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{1154,1 \cdot 1,1}{0,612 \cdot 239,0 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 0,010849 \text{ м}^2 = 108,49 \text{ см}^2.$$

Умови підбору перерізу за потрібними значеннями радіусів інерції перерізу стиснутого поясу:

$$i_y \geq i_{y,\text{пт.}} = \frac{l_{ef,z}}{\lambda} = \frac{270}{80} = 3,37 \text{ см}; \quad i_z \geq i_{z,\text{пт.}} = \frac{l_{ef,y}}{\lambda} = \frac{540}{80} = 6,75 \text{ см}.$$

За умовами підбору перерізу стиснутого поясу згідно з сортаментом рівнополичних кутиків приймаємо переріз 2L200x14 з такими геометричними характеристиками:

$$A = 109,2 \text{ см}^2 > A_{\text{пт.}} = 108,49 \text{ см}^2;$$

$$i_y = 6,20 \text{ см} > i_{y,\text{пт.}} = 3,37 \text{ см}; \quad i_z = 8,73 \text{ см} > i_{z,\text{пт.}} = 6,75 \text{ см}.$$

За геометричними характеристиками (радіусами інерції) підібраний переріз має значний запас і є не оптимальним. Виконуємо корегування вихідної гнучкості і повторюємо розрахунок. Приймаємо гнучкість $\lambda = 50$.

Необхідні параметри для розрахунку коефіцієнту стійкості при центральному стиску:

$$\text{умовна гнучкість } \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 50 \sqrt{\frac{239,0}{2,06 \cdot 10^5}} = 1,70;$$

коефіцієнти $\alpha = 0,04$, $\beta = 0,14$ для кривої стійкості «с» [1, табл. 8.1];

$$\text{коефіцієнт } \delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 = 9,87 \cdot (1 - 0,04 + 0,14 \cdot 1,70) + 1,70^2 = 14,71.$$

Коефіцієнт стійкості при центральному стиску:

$$\varphi = \frac{0,5}{\bar{\lambda}^2} \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48 \bar{\lambda}^2} \right) = \frac{0,5}{1,70^2} \left(14,71 - \sqrt{14,71^2 - 39,48 \cdot 1,70^2} \right) = 0,80.$$

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Так як для кривої стійкості «с» $\bar{\lambda} = 1,70 > 0,4$ та $\bar{\lambda} = 1,70 \leq 5,8$ остаточно приймаємо $\varphi = 0,80$ (додаткові умови згідно з [1, пп. 8.1.3], які слід перевіряти для кривої стійкості «с»).

З умови стійкості при центральному стиску:

$$\frac{N\gamma_n}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1$$

визначаємо умову підбору перерізу за значенням потрібної площі стиснутого поясу:

$$A \geq A_{\text{пт.}} = \frac{N\gamma_n}{\varphi R_y \gamma_c} = \frac{1154,1 \cdot 1,1}{0,80 \cdot 239,0 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 0,008300 \text{ м}^2 = 83,00 \text{ см}^2.$$

Умови підбору перерізу за потрібними значеннями радіусів інерції перерізу стиснутого поясу:

$$i_y \geq i_{y,\text{пт.}} = \frac{l_{ef,z}}{\lambda} = \frac{270}{50} = 5,4 \text{ см}; \quad i_z \geq i_{z,\text{пт.}} = \frac{l_{ef,y}}{\lambda} = \frac{306}{50} = 6,12 \text{ см}.$$

За умовами підбору перерізу стиснутого поясу згідно з сортаментом рівнополичних кутиків приймаємо переріз 2L200x12 з такими геометричними характеристиками:

$$A = 94,2 \text{ см}^2 > A_{\text{пт.}} = 83,0 \text{ см}^2;$$

$$i_y = 6,22 \text{ см} > i_{y,\text{пт.}} = 5,4 \text{ см}; \quad i_z = 8,62 \text{ см} > i_{z,\text{пт.}} = 6,12 \text{ см}.$$

Параметри підбраного перерізу суттєво не перевищують по площі та одному із значень радіусів інерції потрібних розрахункових значень. Тому підібраний переріз із парних рівнополичних кутиків можна вважати оптимальним.

2.2. Нижній пояс

Елементи №20-23 на рисунку 1.1, елемент №19 є «нульовим». Верхній пояс ферми приймаємо перерізом одного типорозміру на всій довжині ферми. За результатами статичного розрахунку найбільше стискаюче зусилля згідно з даними таблиці 1.2 виникає в елементі №22 і №23 і дорівнює $N = 1128,23$ кН. Підбір перерізу верхнього поясу виконуємо із розрахунку міцності при центральному стиску згідно з методикою пп. 8.1.3 ДБН В.2.6-198 [1].

Розрахункова довжина верхнього пояса в площині ферми дорівнює геометричній відстані між її вузлами $l_{ef,z} = l = 273$ см [1, пп. 13.1.1]. Розкріплення поясу у

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

напрямку із площини ферми здійснюють горизонтальні в'язі в рівні нижнього поясу ферм каркасу виробничого цеху. Враховуючи це розрахункова довжина верхнього поясу у напрямку із площини ферми дорівнює $l_{ef,y} = l_1 = 546$ см. Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1,0$ [1, табл. 5.1] як для випадків не обумовлених нормами. Підбір перерізу верхнього поясу виконуємо з умови, що максимальна гнучкість розтягнутого елемента не перевищує допустимого значення $\lambda \leq [\lambda] = 400$. З умови міцності при центральному розтязі:

$$\frac{N\gamma_n}{AR_y\gamma_c} \leq 1$$

визначаємо умову підбору перерізу за значенням потрібної площі розтягнутого поясу:

$$A \geq A_{пт.} = \frac{N\gamma_n}{R_y\gamma_c} = \frac{1128,23 \cdot 1,1}{239,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0} = 0,005193 \text{ м}^2 = 51,93 \text{ см}^2$$

Умова підбору перерізу за потрібними значеннями радіусів інерції перерізу розтягнутого поясу з умови обмеження його гнучкості:

$$i_y \geq i_{y,пт.} = \frac{l_{ef,z}}{[\lambda]} = \frac{270}{400} = 0,68 \text{ см}; \quad i_z \geq i_{z,пт.} = \frac{l_{ef,y}}{[\lambda]} = \frac{540}{400} = 1,35 \text{ см.}$$

За умовами підбору перерізу розтягнутого поясу приймаємо згідно з сортаментом рівнополичних кутиків переріз 2L140x10 з такими геометричними характеристиками:

$$A = 54,66 \text{ см}^2 > A_{пт.} = 51,93 \text{ см}^2;$$

$$i_y = 4,33 \text{ см} > i_{y,пт.} = 0,68 \text{ см}; \quad i_z = 6,26 \text{ см} > i_{z,пт.} = 1,35 \text{ см.}$$

З умов економічності рекомендується виконувати підбір перерізів розтягнутих елементів у випадку якщо параметр гнучкості не є визначальним з перевищенням потрібної по розрахунку площі елемента не більше 5%. Площа підбраного перерізу перевищує розрахункове значення потрібної площі на

$$\frac{A}{A_{пт.}} 100 = \frac{54,66}{51,93} 100 = 5,3 \% > 5 \%$$

Тому підібраний переріз нижнього поясу можна вважати оптимальним.

Таблиця 2.1. – Підбір перерізів елементів ферми (додаток «excel»)

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ №3.

КОНСТРУЮВАННЯ ВУЗЛІВ ФЕРМИ

3.1. Зварні шви

3.1.1. Конструювання вузлів ферми

Конструювання вузлів ферми полягає у одночасному прийнятті таких рішень:

- забезпечення міцності вузлових з'єднань завдяки розрахунку міцності зварних швів і монтажних болтових з'єднань у відповідності до вимог розділів 16, 17 ДБН В.2.6-198;

- забезпеченні необхідної якості та надійної роботи вузлових з'єднань завдяки виконанню конструктивних вимог згідно положень розділів 16, 17 і підрозділу 17.3 ДБН В.2.6-198.

- остаточного визначення розташування елементів ферми у вузлах з розробкою креслень конструкції ферми.

3.1.2. Розрахунок зварних швів

Згідно з прийнятими вихідними даними (див. п. 1.1) всі заводські зварювальні шви виконуються напівавтоматичним зварюванням під флюсом із застосуванням зварювального дроту марки СВ-08А діаметром $d = 2$ мм (ДСТУ ISO 544). Для виконання монтажних зварювальних швів застосовується ручне зварюванням електродами Е42А або їх сучасні аналоги [1, табл. Д.1].

За результатами попередніх розрахунків товщина елементів ферми прийнята: фасонки $t_f = 8$ мм, кутиків елементів ферми $t = 5 \dots 7$ мм. Згідно з вимогами таблиці 16.1 ДБН В.2.6-198 мінімальний катет кутових швів при $R_{yn} \leq 290$ МПа повинен бути $k_{f,min} = 5$ мм. У розрахунках враховуємо положення п. 16.1.5а ДБН В.2.6-198 згідно з яким допускається катет кутових зварювальних швів приймати не меншим $k_{f,min} = 4$ мм за умови забезпечення необхідного виробничого контролю

					КГТБ.КП24.192.01.073			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Бережна О.О.				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Байда Д.М.					12	
Рецензував								
Н.Контр.								
Затвердив								

якості швів. Максимальна товщина швів не має перевищувати $k_{f,max} = 1,2t$ [1, п. 16.1.5б], де t – найменша із товщин зварюваних елементів. Таким чином максимальний катет кутових швів має бути в межах $k_{f,max} = 6...8$ мм.

Згідно з прийнятими граничними значеннями катетів зварювальних швів у відповідності до таблиці 16.2 ДБН В.2.6-198 приймаємо необхідні значення коефіцієнтів переходу від катета кутового шва до розрахункової ширини перерізу кутового шва з врахуванням всіх можливих положень шва:

$\beta_f = 0,9$ – у площині наплавленого металу;

$\beta_z = 1,05$ – у площині металу границі сплавлення.

Визначаємо розрахункові опори кутових зварних швів:

- у площині наплавленого металу $R_{wf} = 180$ МПа [1, табл. Д.2];

- у площині металу границі сплавлення

$$R_{wz} = 0,45R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ МПа [1, табл. 7.3],}$$

де $R_{un} = 370$ МПа – розрахунковий опір сталі класу С255 за тимчасовим опіром.

Розрахунок кутових зварних швів за міцністю на зріз виконують в одній із розрахункових площин [1, п. 16.1.16]:

якщо $\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} \leq 1$ – у площині наплавленого металу;

якщо $\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} > 1$ – у площині межі сплавлення.

Так як

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wz}} = \frac{0,9 \cdot 180}{1,05 \cdot 166,5} = 0,93 < 1$$

розрахунок слід виконувати у площині наплавленого металу (по металу шва) за формулою (16.2) ДБН В.2.6-198:

$$\frac{N \gamma_n}{\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c} \leq 1.$$

З цієї умови отримують залежність для визначення необхідної розрахункової довжини зварних швів

					КГТБ.КІІ24.192.01.073	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$l_w \geq \frac{N\gamma_n}{\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c}$$

Для практичних розрахунків зварних з'єднань ферм з елементами з парних кутиків дану формулу перетворюють у більш практичні залежності, в яких враховують такі фактори:

1) при розміщенні зварних швів у вузлі слід пам'ятати про необхідність зберігання положення осі дії зусилля, тобто площі швів слід розподіляти обернено пропорційно відстаням від осі елемента до осі шва. Для рівнобоких кутиків можна приблизно брати $N^{об} = 0,7N$ – для зварних швів по обушку, $N^m = 0,3N$ – для зварних швів по перу;

2) в розрахунках слід враховувати, що зусилля у вузлі сприймається від елемента з парних кутиків двома кутиками ($n = 2$);

3) значення катету зварного шва з конструктивних вимог повинно знаходитися в межах $k_{f,min} \leq k_f \leq k_{f,max}$, де максимальний катет для кріплення прокатних кутиків має відповідати таким вимогам [1, п. 16.1.5б]:

$k_{f,max} \leq 0,9t$ – для швів по перу (вздовж закругленої форми кромки фасонного прокату) у випадку коли t – найменша товщина зварюваних елементів відповідає товщині полиці кутика;

$k_{f,max} \leq 1,2t$ – загальна умова для всіх зварних швів, де t – найменша із товщин зварюваних елементів;

4) під час визначення необхідної довжини кутових швів слід враховувати допуск на можливий непровар $a = 10$ мм [1, п. 16.1.16];

5) розрахункова довжина кутового шва повинна бути не менша 50 мм і з врахуванням допуску на можливий непровар $a = 10$ мм має становити не менше $l_{w,min} = 50+10 = 60$ мм [1, п. 16.1.5в]

З врахуванням перелічених факторів необхідні довжини зварних швів визначають за формулами:

- по обушку:

$$l_w^{об} = \frac{0,7N\gamma_n}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a \geq l_{w,min};$$

					КГТБ.КІІ24.192.01.073	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- по перу:

$$l_w^{\text{п}} = \frac{0,3N\gamma_n}{n\beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a \geq l_{w,\text{min}}.$$

Визначення розрахункових довжин зварних швів кріплення елементів ферми до фасонки виконують у відповідності до таких правил:

- для всіх елементів решітки розрахунок виконують на повні значення розрахункових зусиль;

- для елементів поясів у вузлах зміни перерізу або зміни нахилу суміжних елементів, коли елементи поясу проектується розрізними по довжині і конструктивно кріпляться окремими зварними швами до фасонки, розрахунок виконують на повні значення зусиль як і для елементів решітки;

- у випадку коли у вузлі переріз поясу не розривається, тобто проектується нерозривним (рис. 14), розрахункові довжини зварних швів кріплення нерозрізного поясу до вузлової фасонки виконують на зусилля, яке визначають за формулою

$$N = \sqrt{\Delta N + P},$$

де $\Delta N = N_2 - N_1$ – різниця зусиль в суміжних елементах поясів (див. рис. 14);

P – зосереджена сила на вузол від зовнішнього навантаження.

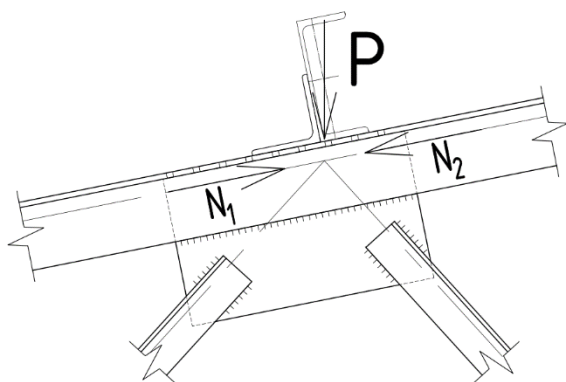


Рисунок 3.1. – До розрахунку зварних швів кріплення нерозрізного поясу до фасонки

Зусилля, які визначені у вузлах з нерозривним поясом, як правило є незначними. Тому довжина швів кріплення поясу в таких вузлах зазвичай призначається конструктивно, виходячи з розмірів фасонки після конструювання вузлів.

Результати розрахунку всіх зварних швів для нашої ферми, що зведені без врахування вимоги $l_w \geq l_{w,\text{min}}$, наведені в таблиці 3.1. Також в таблиці 3.1. для

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

поясів для спрощення і з навчальною метою визначена розрахункова довжина швів на повне значення зусиль без врахування нерозрізності поясу. Під час конструювання вузлів слід остаточно прийняти фактичну геометричну довжину зварних швів з округленням до 10 мм у більшу сторону з врахуванням конструктивної вимоги $l_w \geq l_{w,min}$. При цьому у вузлах, де кутики поясу не перериваються, слід врахувати пропорційно зменшені розрахункові довжини швів у порівнянні з розрахованими значеннями (див. табл. 3.1) у відповідності до різниці зусиль у суміжних елементах поясу.

Далі розглянемо по чергово розрахунок основних вузлів на прикладі розглянутої ферми. Приклади конструювання і розрахунків типових вузлів, які не представлені в даних методичних вказівках наведені в навчальній літературі.

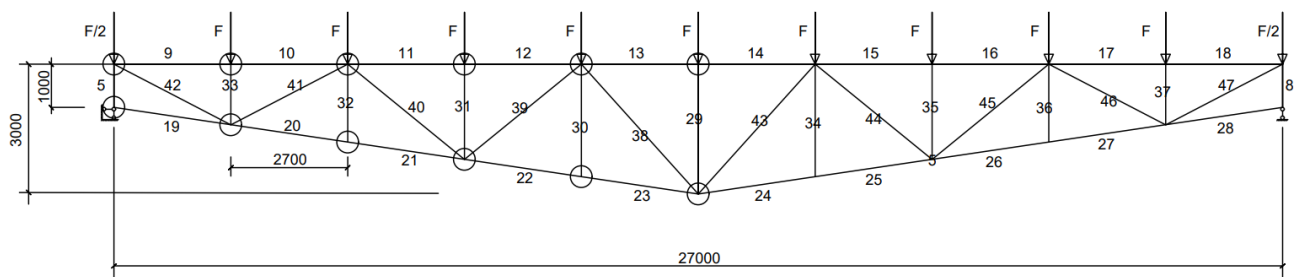


Рис.3.2. Розрахункові вузли ферми

3.1.3. Приклади розрахунку та конструювання вузлів ферм

Опорний вузол (вузол 1).

Приймаємо торцевий лист товщиною $t = 20$ шириною $b = 180$ мм зі сталі С255 за ГОСТ 27772-88. Напруження зминання у торця

$$\sigma_{зм} = \frac{R_A}{A_{обн}} = \frac{5 \cdot F}{2 \cdot 18} = \frac{5 \cdot 89,56}{36} = 12,4 \text{ (кН/см}^2\text{)} < R_p = 36,1 \text{ (кН/см}^2\text{)},$$

де R_A – опорна реакція ферми, R_p – опір зминанню торцевої поверхні за наявності пригонки [1] $R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m} = \frac{370}{1,025} = 36,1 \text{ (кН/см}^2\text{)}$. Приймаємо для зварювання сталей С245 та С255 електроди типу Э42А з розрахунковим опором $R_{wf} = 180$ (МПа). Товщину швів кріплення нижнього поясу (2L110×8) розраховуємо на

зусилля в стійці $N_5 = -447,8$ кН та призначаємо: по перу $k_f = 6$ мм, по обушку $k_f = 8$ мм, коефіцієнт $\beta_f = 0,9$ [табл. 1.12.2, 1]

$$l_{\omega}^o = \frac{\alpha_{об} N \gamma_n}{n \beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a = \frac{0,7 \cdot 447,8 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 10,66 = 11 \text{ (см)};$$

$$l_{\omega}^n = \frac{\alpha_n N \gamma_n}{n \beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a = \frac{0,3 \cdot 447,8 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 6,18 = 6 \text{ (см)}.$$

Кріплення стійки (L 110×8) при $k_f = 6$ (мм) по перу, $k_f = 8$ (мм) по обушку,

$$l_{\omega}^o = \frac{\alpha_{об} N \gamma_n}{n \beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a = \frac{0,7 \cdot 447,8 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 11,75 = 12 \text{ (см)};$$

$$l_{\omega}^n = \frac{\alpha_n N \gamma_n}{n \beta_f k_f R_{wf} \gamma_c} + a = \frac{0,3 \cdot 447,8 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 6,9 = 7 \text{ (см)}.$$

Перевірка опорної фасонки на зріз, а також швів її кріплення ($k_f = 8$ мм) до торцевого листа:

$$\tau = \frac{R_A \gamma_n}{h \cdot t_{\phi}} = \frac{5 \cdot 89,56}{33 \cdot 1,4} = 9,69 \text{ кН/см}^2 < R_s = 0,58 \frac{R_{un}}{\gamma_m} = 0,58 \frac{37}{1,025} = 20,93 \text{ (МПа)},$$

де R_s – розрахунковий опір зсуву.

$$\tau_{\omega} = \frac{R_A \gamma_n}{2 \cdot 0,7 k_f l_{\omega 1}} = \frac{5 \cdot 89,56}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot (33 - 1)} = 12,49 \text{ (кН/см}^2) < R_{\omega f} = 18,0 \text{ (кН/см}^2).$$

Опорний столик приймаємо з листа товщиною 30, шириною 200 та довжиною 250 мм. Визначаємо потрібний катет шва k_f для кріплення столика до колони

$$k_f = \frac{1,33 \cdot N \gamma_n}{0,7 \cdot l_{\omega 1} \cdot R_{\omega f}} = \frac{1,33 \cdot R_A}{0,7 \cdot (19 + 2 \cdot 24) \cdot 180} = \frac{1,33 \cdot 5 \cdot 89,56 \cdot 10}{8442} = 0,70 \text{ (см)},$$

де 1,33 – коефіцієнт, що враховує можливість нерівномірної передачі опорного тиску.

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо $k_f=0,8$ (см). Болти М20, що кріплять опорний фланець до колони приймаємо конструктивно. Креслення вузла зображено на рис. 3.3.

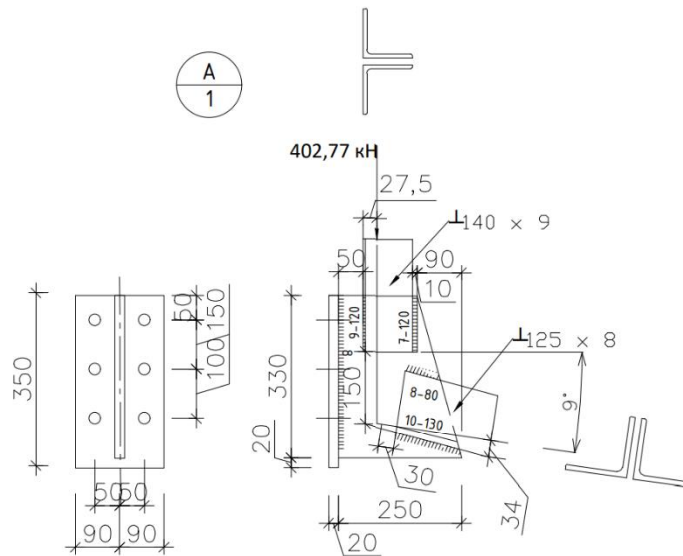


Рисунок 3.3. До конструювання опорного вузла

Проміжний вузол (вузол 2). Креслення цього вузла наведено на рис. 3.4.

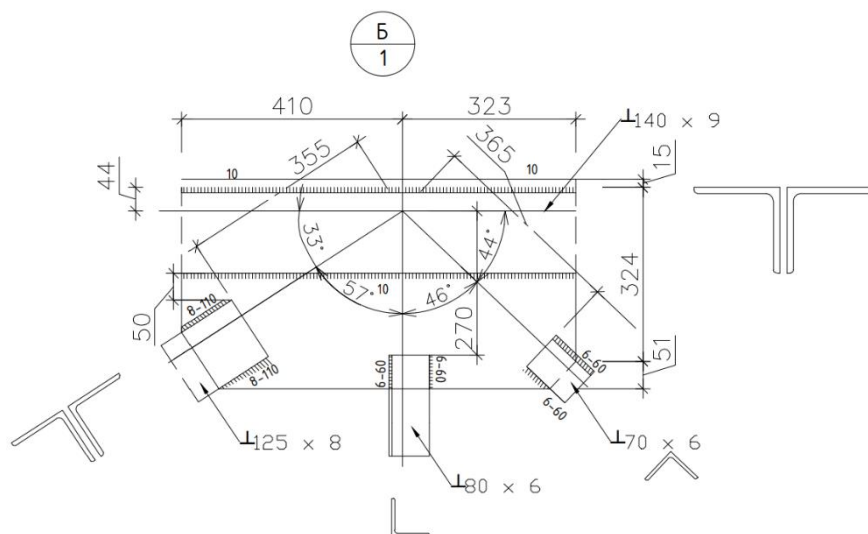


Рисунок 3.4. До розрахунку проміжного вузла

Зусилля на яке розраховується довжина зварних швів кріплення верхнього поясу до вертикальної фасонки, з урахуванням дії зосередженого навантаження силою F за формулою (1.8)

$$N = \sqrt{(N_{11} - N_{10})^2 + F^2} = \sqrt{(-1154,1 - (-777,25))^2 + 89,56^2} = 783,13 \text{ (кН)}.$$

Приймаємо катети швів: по перу $k_f=0,8$ см, по обушку $k_f=1,0$ см. Тоді

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

$$l_{\omega}^o = \frac{0,7 \cdot 783,13 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 17,9 = 18 \text{ (см);}$$

$$l_{\omega}^n = \frac{0,3 \cdot 783,13 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 10,06 = 11 \text{ (см).}$$

Зварювання ведемо на всю довжину фасонки. Кріплення лівого розкосу $\perp 110 \times 8$ при катетах швів по перу та обушку $k_f = 0,8$ см

$$l_{\omega}^o = \frac{0,7 \cdot 335,73 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 10,07 = 11 \text{ (см);}$$

$$l_{\omega}^n = \frac{0,3 \cdot 335,73 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 4,89 = 5 \text{ (см).}$$

Стійку 32 кріпимо конструктивно ($N_{32} = 0$) швом з $k_f = 0,5$ см по перу та обушку на мінімальну довжину 60 мм. Розкіс 40 кріпимо швом з $k_f = 0,5$ см по перу та обушку на довжину 60 мм

$$l_{\omega}^o = \frac{0,7 \cdot 102,40 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 4,68 = 5 \text{ (см);}$$

$$l_{\omega}^n = \frac{0,3 \cdot 102,40 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 2,58 = 3 \text{ (см).}$$

Верхній монтажний вузол (вузол 3 на рис. 3).

Для заварювання монтажних вузлів використовуємо електроди Э42 за ГОСТ 9467-75 з розрахунковим опром $R_{wf} = 180$ (МПа). Приймаємо дві накладки 180×20 мм. Міцність ослабленого перерізу обчислюємо за спрощеною методикою

$$\sigma = \frac{1,2N\gamma_n}{A_{умовне}} = \frac{1,2N_{13}\gamma_n}{2 \cdot 18 \cdot 2 + 2 \cdot 1,4 \cdot 16} = \frac{1,2 \cdot 1007,55}{116,8} = 10,4 \text{ кН/см}^2 < R_y$$

$$= 240 \text{ МПа.}$$

Зусилля в листовій накладці

$$N_n = A_n \cdot \sigma = 2 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 10,4 = 748,8 \text{ (кН).}$$

Сумарна довжина швів (з однієї сторони), що кріплять накладку до кутиків верхнього поясу при товщині швів $k_f = 10$ мм

$$\sum l_{ш} = \frac{N_n \gamma_n}{0,7 \cdot k_f \cdot R_{\omega f}} = \frac{748,8 \cdot 10}{0,7 \cdot 1,0 \cdot 180} = 59,4 \text{ см.}$$

Приймаємо 58 см. Розподіл довжини швів: 2 шва по 15 см, два шва по 14 см.

					КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зварні шви для кріплення розкосів та стійок до фасонки розраховуємо за значеннями зусиль в цих елементах.

$$l_{\omega}^o == \frac{0,7 \cdot 548,9 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 180 \cdot 1} + 4 = 19,25 = 20 \text{ (см)};$$

$$l_{\omega}^n == \frac{0,3 \cdot 548,9 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 180 \cdot 1} + 4 = 15,89 = 16 \text{ (см)}.$$

На зусилля $N_p = 548,9$ кН розраховуємо шви вертикальних листових накладок напівфасонки при $t_n = 14$ мм, $k_f = 8$ мм

$$l_{\omega} = \frac{N_p}{2 \cdot 0,7 \cdot k_f R_{\omega f}} = \frac{548,9 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 180} = 27,23 \text{ (см)} = 28 \text{ (см)}.$$

Зварні шви для кріплення розкосів та стійок до фасонки розраховуємо за значеннями зусиль в цих елементах.

					<i>КГТБ.КІІ24.192.01.073</i>	<i>Арк.</i>
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Сумарна довжина швів (з однієї сторони), що кріплять накладку до кутиків верхнього поясу при товщині швів $k_f = 0,8$ мм

$$\sum l_{ш} = \frac{N_n}{0,7 \cdot k_f \cdot R_{\omega f}} = \frac{844,48 \cdot 10}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 180} + 4 = 88 \text{ см.}$$

Розподіл довжини швів: 2 шва по 25 см, два шва по 20 см. Зусилля на яке розраховується довжина швів кріплення поясу до вертикальної фасонки обраховуємо за формулою (1.10):

$$N_p = 1,2 \cdot 1128,23 - 844,48 = 509,40 \text{ (кН).}$$

$$N_p = \frac{1,2 \cdot 1128,23}{2} = 676,94 \text{ (кН).}$$

Приймаємо більше значення. При товщині швів по обушку $k_f = 8$ мм, по перу $k_f = 6$ мм потрібна довжина швів

$$l_{\omega}^o = \frac{0,7 \cdot 676,94 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 19,80 = 20 \text{ (см);}$$

$$l_{\omega}^n = \frac{0,3 \cdot 676,94 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 180 \cdot 1} + 1 = 14,43 = 15 \text{ (см).}$$

На зусилля $N_p = 676,94$ кН розраховуємо шви вертикальних листових накладок напівфасонки при $t_n = 14$ мм, $k_f = 8$ мм

$$l_{\omega} = \frac{N_p}{2 \cdot 0,7 \cdot k_f R_{\omega f}} = \frac{676,94 \cdot 10}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 180} = 33,58 \text{ (см)} = 35 \text{ (см).}$$

Зварні шви для кріплення розкосів та стійок до фасонки розраховуємо за значеннями зусиль в цих елементах.

					КГТБ.КІІ24.192.01.073	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок необхідних довжин кутових зварних швів

Таблиця №3.1

Номер елемента ферми	Розрахункове зусилля N , кН	Переріз	γ_c	n	Розрахункові параметри зварних швів					
					по обушку			по перу		
					$N^{об}$, кН	k_f , мм	l_w , мм	$N^п$, кН	k_f , мм	l_w , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Верхній пояс										
11, 12	-1154,10	2L200x12	1	2	807,87	8	353	346,23	6	206
9, 10	-777,25	2L150x10	1	2	544,08	8	241	233,18	6	142
13	-1007,55	2L160x12	1	2	705,29	8	309	302,27	6	181
Нижній пояс										
19	0,00	2L140x10	1	2	0,00	6	10	0,00	6	10
20, 21	1086,45	2L140x10	1	2	760,52	8	333	325,94	6	194
22, 23	1128,23	2L140x10	1	2	789,76	8	345	338,47	6	202
Розкоси стиснуті										
5	-447,80	2L110x8	1	2	313,46	8	143	134,34	6	86
29, 31, 33	-89,56	2L50x6	1	2	62,69	6	45	26,87	5	28
41	-335,08	2L110x8	1	2	234,56	8	110	100,52	5	78
38	-162,20	2L63x6	1	2	113,54	6	74	48,66	5	43
Розкоси розтягнуті										
42	875,53	2L140x10	1	2	612,87	8	270	262,66	6	159
40	102,40	2L50x6	1	2	71,68	6	51	30,72	5	31
39	49,08	2L50x6	1	2	34,36	6	29	14,72	5	20
Стояки										
5	-447,80	2L110x8	1	2	313,46	8	143	134,34	6	86
33	-89,56	2L50x6	1	2	62,69	6	45	26,87	5	28
30, 32	0,00	2L50x6	1	2	0,00	5	10	0,00	5	10
29, 31	-89,56	2L63x6	1	2	62,69	6	45	26,87	5	28

РОЗДІЛ №4

РОЗРАХУНОК ПРОГИНУ

Визначаємо прогин ферми за формулою Мора

$$f = \sum \frac{\overline{N}_i N_{pi}}{EA_i} l_i, \quad (1.12)$$

де \overline{N}_i – зусилля в i -тому елементі від одиничного завантаження $P = 1$ по шуканому напрямку (див. рис .2 б);

N_{pi} – зусилля в i -тому елементі;

l_i – геометрична довжина i -того елемента;

EA_i – погонна жорсткість при розтягу/стиску i -того елемента.

Запис всіх складових формули (1.12) наведемо у табл. 3, причому сумарне переміщення є збільшене вдвічі значення суми по всім стрічкам, окрім переміщення стійки 10-11, оскільки ферма симетрична відносно елемента 10-11, який враховано один раз.

Таблиця 4.1

Елемент ферми	Позначення стержня	Зусилля N_p від гран. значення, кН	Зусилля N_1 від одиничної сили	Геометрична довжина L_i , см	Площа A , см ²	Модуль пружності сталі E , кН/см ²	Переміщення, см
1	2	3	4	5	6	7	8
Верхній пояс	9	-777,25	-1.539	270	58,66	2.06E+04	1.56E-01
	10	-777,25	-1.539	270	58,66	2.06E+04	1.56E-01
	11	-1154,1	-3.158	270	94,2	2.06E+04	5.11E-01
	12	-1154,1	-3.158	270	94,2	2.06E+04	5.11E-01
	13	-1007,55	-4.000	270	74,78	2.06E+04	5.86E-01
Нижній пояс	19	0.000	0.000	273	54,66	2.06E+04	0.00E+00
	20	1086,45	2.528	273	54,66	2.06E+04	6.43E-01
	21	1086,45	2.528	273	54,66	2.06E+04	6.43E-01
	22	1128,23	3.677	273	54,66	2.06E+04	1.02E+00
	23	1128,23	3.677	273	54,66	2.06E+04	1.02E+00
Стойки	5	-447,8	-1.000	100	34,4	2.06E+04	8.78E-02
	33	-89,56	0.000	140	11,38	2.06E+04	0.00E+00
	32	0.000	0.000	180	11,38	2.06E+04	0.00E+00
	31	-89,56	0.000	220	14,56	2.06E+04	0.00E+00

КГТБ.КП24.192.01.073

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Бережна О.О.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Байда Д.М.				25	
Рецензував							
Н.Контр.							
Затвердив							

Продовження табл. 4.1

	30	0.000	0.000	260	11,38	2.06E+04	0.00E+00
	29	-89,56	0.000	300	11,38	2.06E+04	0.00E+00
Розкоси	42	875,53	1.835	304	54,66	2.06E+04	5.30E-01
	41	-335,08	-1.147	304	34,4	2.06E+04	1.25E-01
	40	102,40	0.908	348	11,38	2.06E+04	2.44E-01
	39	49,08	-0.660	348	11,38	2.06E+04	-4.12E-02
	38	-162,20	0.582	404	14,56	2.06E+04	-4.76E-02
							$f^{гран} = 12,29$

Усереднене значення коефіцієнта надійності за навантаженням (див. табл. 1)

$$\gamma_{f_{сер.}} = \frac{q^{гран.}}{q^{експл.}} = \frac{5,35}{3,66} = 1,462.$$

Жорсткість визначаємо виходячи з естетико-психологічних вимог [табл. 1, 10] з урахуванням перехідного коефіцієнта для прогину від граничного $f^{гран}$ до експлуатаційного $f^{дѣтѣ}$ значення [6]

$$f^{експл} = \frac{f^{гран}}{\gamma_{f_{сер.}}} \cdot \frac{q_{констр}^{експл} + 0,3 \cdot q_{снігове}^{експл}}{q_{констр}^{експл} + q_{снігове}^{експл}} = \frac{12,29}{1,462} \cdot \frac{2,97 + 0,3 \cdot 0,76}{3,66} = 7,35 \text{ (см)},$$

$$f^{експл} = 7,35 \text{ (см)} < [f] = \frac{l}{275} = \frac{3000}{275} = 10,9 \text{ (см)},$$

де $q_{констр}^{експл}$ – експлуатаційне значення навантаження від власної ваги конструкції покриття;

$q_{снігове}^{експл}$ – експлуатаційне значення снігового навантаження;

0,3 – коефіцієнт, що враховує квазіпостійну частку снігового експлуатаційного навантаження.

$\frac{l}{275}$ – граничне значення прогину, отримане за інтерполяцією [табл. 1.1, 3.1].

Таким чином гранично допустимий прогин менше фактичного.

						КГТБ.КП24.192.01.073	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			26

ВИСНОВКИ

В даному курсовому проекті було запроєктовано несучу конструкцію покриття промислової будівлі у варіанті металевої ферми прольотом 27 м в м. Рівне. Будівля каркасна одноповерхова терміном експлуатації 50 років. В ході виконання курсового проекту закомпоновано конструкцію покриття, розроблено розрахункову схему, розраховано й законструйовано металеву ферму. Для розрахунку ферми та підбору перерізу поясів був виконаний збір навантаження, визначення зусиль у в елементах ферми. В результаті отриманих даних були підібрані наступні калібри:

- верхній пояс – $2 \perp 200 \times 12$, $A_{\text{заг}} = 94,2 \text{ см}^2$; $2 \perp 150 \times 10$, $A_{\text{заг}} = 58,66 \text{ см}^2$;
 $2 \perp 160 \times 12$, $A_{\text{заг}} = 74,80 \text{ см}^2$;
- нижній пояс – $2 \perp 140 \times 10$, $A_{\text{заг}} = 54,66 \text{ см}^2$;
- розкоси – опорний розкіс – $2 \perp 110 \times 8$, $A = 34,4 \text{ см}^2$,
проміжні розкоси – $2 \perp 110 \times 8$, $A_{\text{заг}} = 34,4 \text{ см}^2$; $2 \perp 50 \times 6$, $A_{\text{заг}} = 11,38 \text{ см}^2$,
 $2 \perp 63 \times 6$, $A = 14,56 \text{ см}^2$; $2 \perp 140 \times 10$, $A = 54,66 \text{ см}^2$;
- стійки – $2 \perp 110 \times 8$, $A_{\text{заг}} = 34,4 \text{ см}^2$; $2 \perp 50 \times 6$, $A_{\text{заг}} = 11,38 \text{ см}^2$;
 $2 \perp 63 \times 6$, $A = 14,56 \text{ см}^2$.

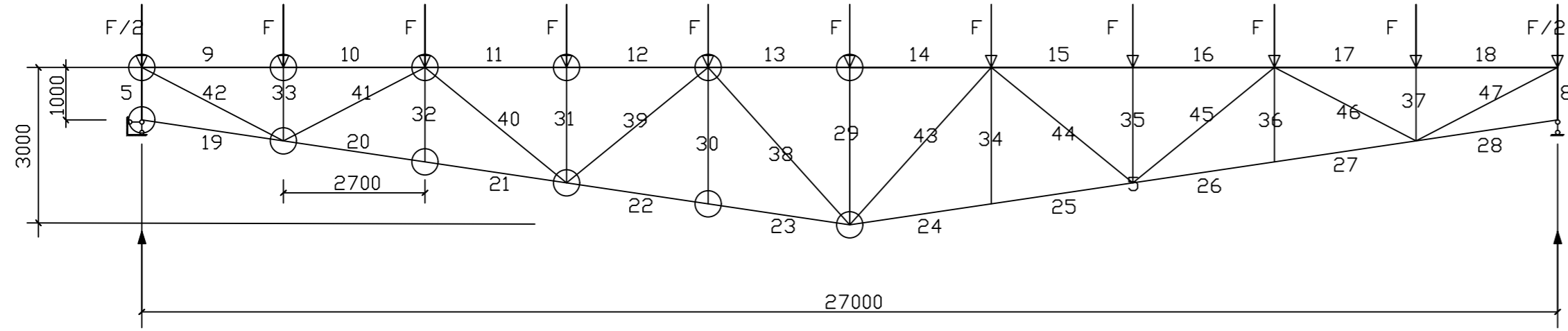
Загалом використано сім типорозмірів прокатних гарячекатаних кутиків. Також в ході виконання роботи були розраховані та запроєктовані основні вузли ферми, та розраховані зварні шви. Виконано перевірку прогину конструкції за другою групою граничних станів.

В графічній частині втілено розрахункові результати проведеної роботи. Креслення виконано на стадії КМ.

Виконавши даний проект я здобула основні навички щодо розрахунку та конструювання великопролітних металевих конструкцій ферм, з урахуванням вимог сучасних норм проектування металевих конструкцій. Дана робота є основою для подальшого вдосконалення отриманих знань та підходів щодо конструкторської практики в реальних умовах сучасного будівельного комплексу.

					<i>КГТБ.КП24.192.01.073</i>	<i>Арк.</i>
						27
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розрахункова схема



Вид по нижньому поясу ферм

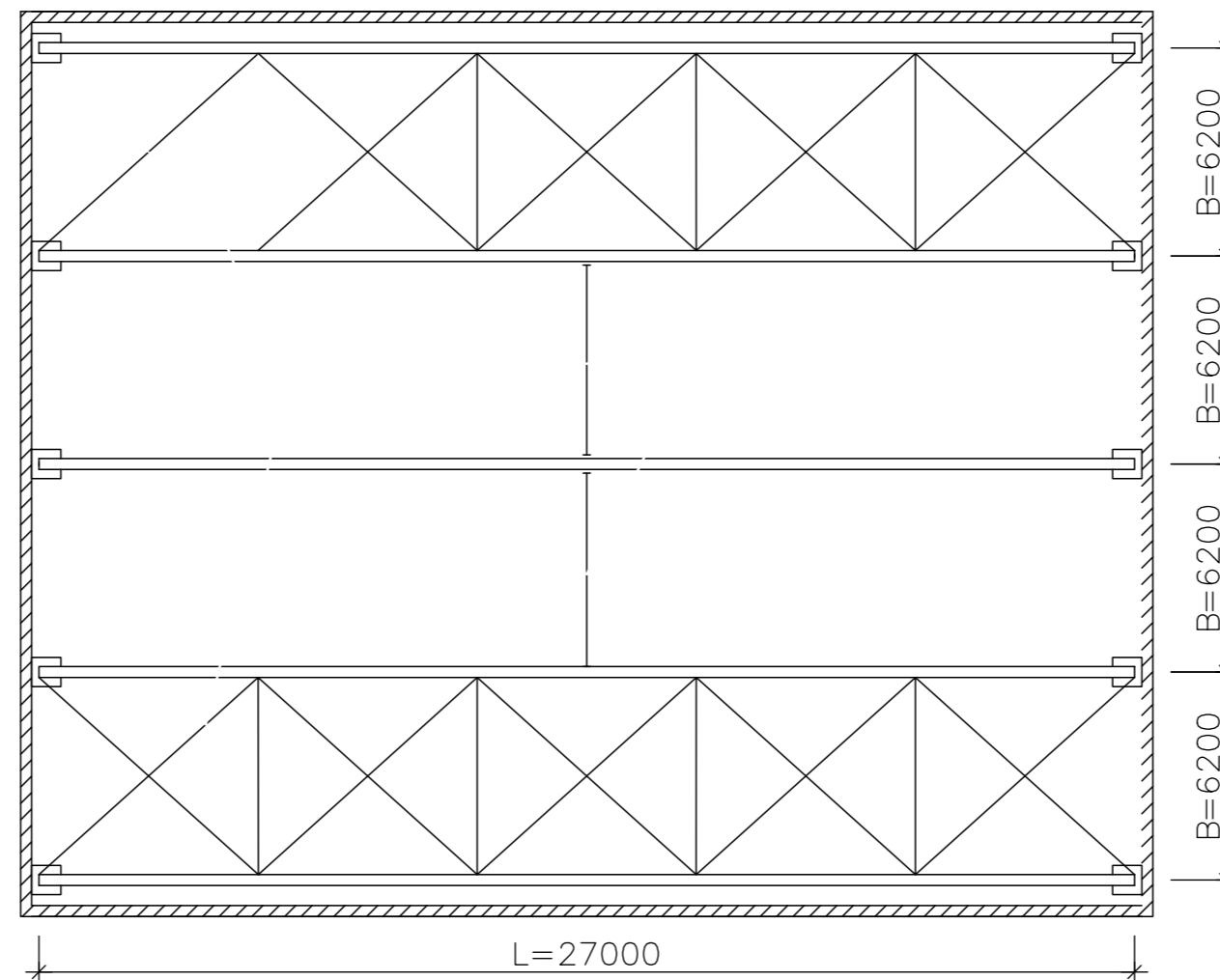
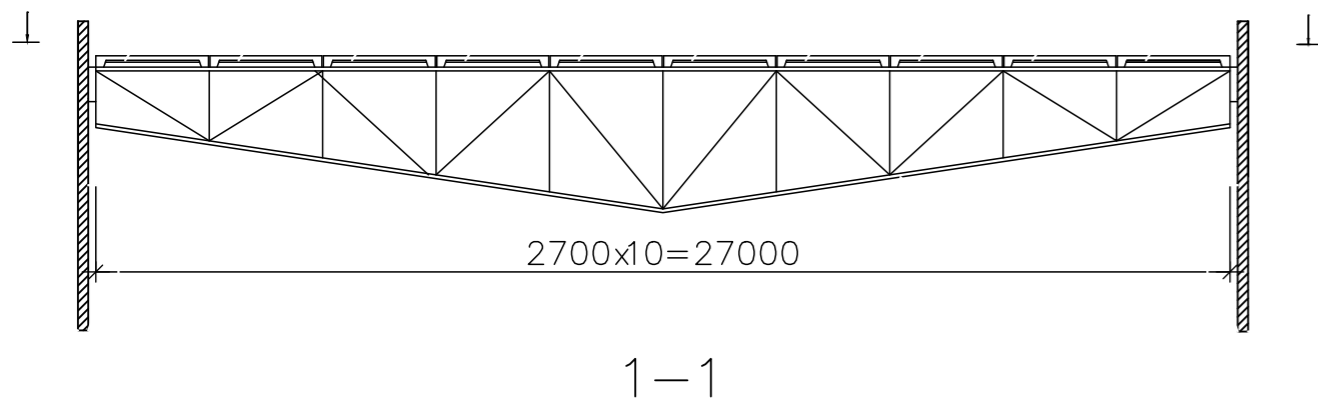
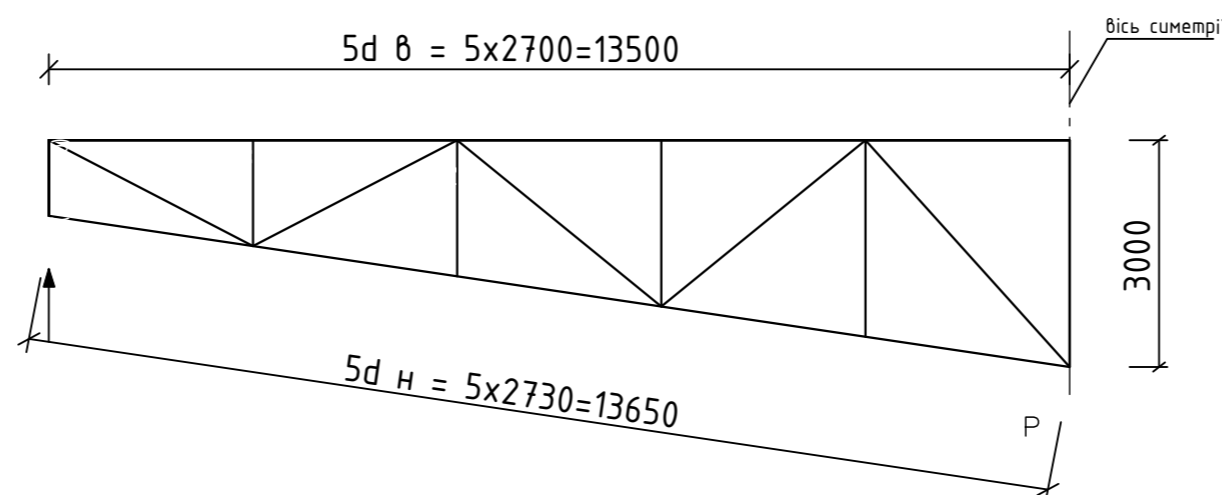


Схема покриття із залізобетонними плитами



Геометрична схема відправної одиниці ФП-1 із визначеними зусиллями в елементах

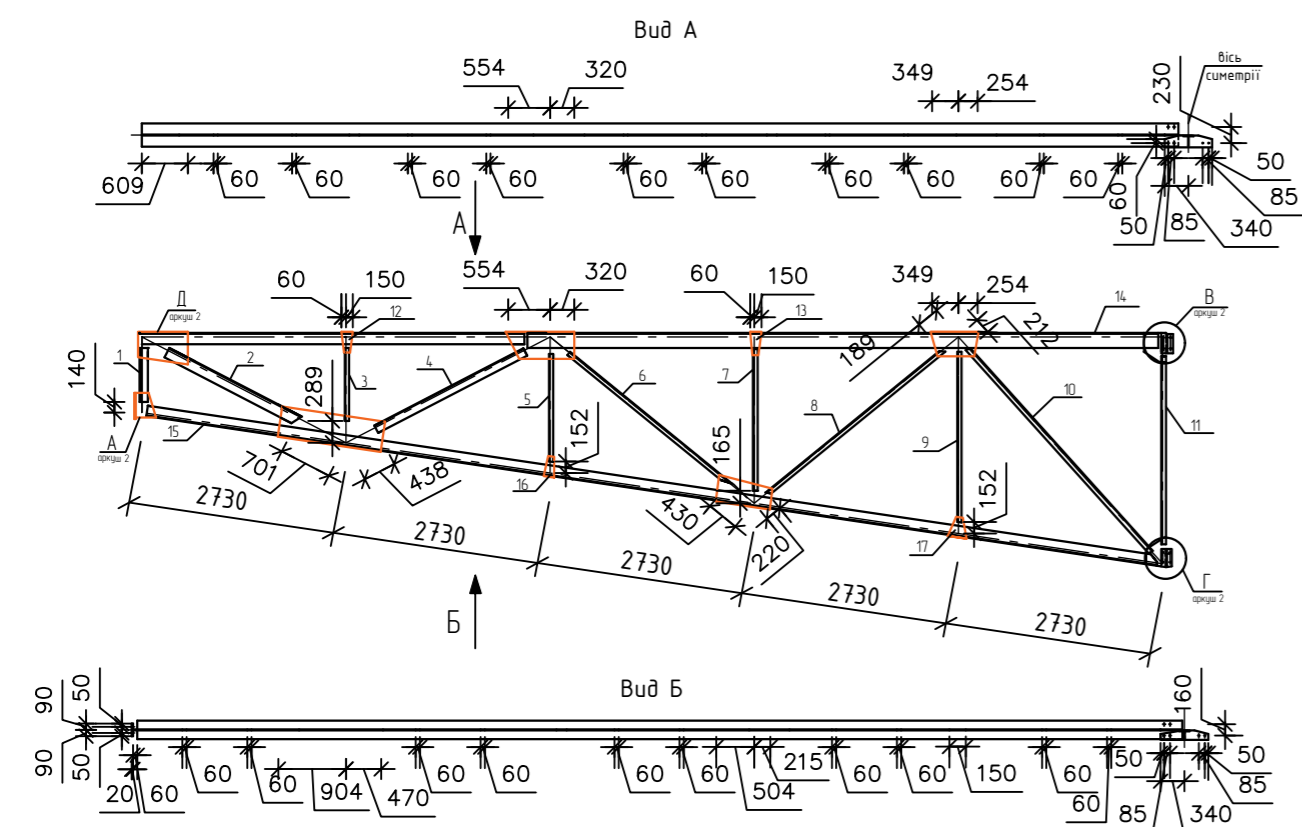


Специфікація елементів відправної одиниці ферми покриття ФП-1

Поз.	Позначення	Найменування	К-ть	Маса од., кг	Примітка
ФП-1		Ферма покриття			
1	ДСТУ 2551:2018	ТГ 110x8 L=714	1	13,5	
2	ДСТУ 2551:2018	ТГ 140x10 L=1971	1	21,45	
3	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=965	1	4,47	
4	ДСТУ 2551:2018	ТГ 110x8 L=2220	1	13,5	
5	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=1429	1	4,47	
6	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=2762	1	4,47	
7	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=1874	1	4,47	
8	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=2971	1	4,47	
9	ДСТУ 2551:2018	ТГ 50x6 L=2258	1	4,47	
10	ДСТУ 2551:2018	ТГ 63x6 L=3617	1	5,72	
11	ДСТУ 2551:2018	ТГ 63x6 L=2487	1	5,72	
12	ДСТУ 8540:2015	ТГ 150x10 L=132	2	23,02	46,04
13	ДСТУ 8540:2015	ТГ 200x12 L=134	2	36,97	73,94
14	ДСТУ 2551:2018	ТГ 160x12 L=2643	1	28,35	
15	ДСТУ 2551:2018	ТГ 140x10 L=2649	1	21,45	
16	ДСТУ 8540:2015	ТГ 140x10 L=128	2	21,45	42,9
17	ДСТУ 8540:2015	ТГ 140x10 L=219	2	21,45	42,9
		Зварні шви 1%			221

- Даний аркуш читати разом із аркушем КМ-2.
- Матеріал конструкції - сталь С245, фасонки - сталь С255 за ДСТУ 8539:2015.
- Зварювальні роботи виконувати напівавтоматичним зварюванням під флюсом зварювальним дротом марки СВ-08А за ДСТУ EN ISO 544:2019 діаметром $d = 2$ мм.
- Монтажні вузли 3,4 виконувати електродом З42А за ДСТУ EN ISO 1071:2022.
- Всі зварні шви не озгорені у кресленні приймати $k_f=6$ мм.
- Поз. 5,9,16,20 встановлювати між вузлами ферми на рівних відстанях.

Зам. №
Підпис і дата
Інв. № оп.



КГТБ.КП24.192.01.073					
Проектування конструкції покриття					
Зм.	К-ть	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Бережна О.О.			
Перевірив		Байда Д.М.			
Т. контр.					
Н.Контр.					
Затвердив					
Металева кроквяна ферма покриття прольотом 27 м у м. Рівне				Стадія	Аркуш
План, розрізи, відправна одиниця вузли А, Б				П	1
				Аркушів	2

