

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістра

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Дослідження НДС, несучої здатності та вибір
раціонального типу сталевого каркасу одноповерхової
промислової будівлі**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МБмз-61
спеціальності (напряму підготовки) 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Зубенко Д.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Підгурський М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Данильченко С.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Чубик В.Ф.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра будівельної механіки

Освітній ступінь Магістр

Напрямок підготовки 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«_____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зубенко Дмитру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження НДС, несучої здатності та вибір
раціонального типу сталевого каркасу промислової будівлі

Керівник проекту (роботи) Підгурський Микола Іванович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «__29__» серпня 2019 року № 4/7-739

2. Термін подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Місце будівництва – м. Одеса; Довжина будівлі – 216 м;
Крок рам – 12 м; Проліт цеху – 36 м; Кількість прогонів – 2; Крок рам і крок ферм однаковий;
Вантажопідйомність двох кранів – 80 тонн; Відмітка головки кранового рельса – 13,2 м;
Фундамент клас бетону В12,5; Ферми звичайні з кутників.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Компонування конструктивної схеми каркасу будівлі; Проектування зв'язків і торцевого
фахверка; Статичний розрахунок поперечної рами; Розрахунок ступінчастої колони
виробничої будівлі; Розрахунок ферми; Розрахунок зварних з'єднань; Розрахунок
підкранової балки; Статичний розрахунок ферми в програмному комплексі Robot.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Фасад в осях;

2. Поперечний переріз будівлі, схема торцевого фахверка;

3. Схема в'язів;

4. Геометрична схема ферми;

5. Колона;

6. Епюри нормальних зусиль розрізної ферми;

7. Епюри зусиль нерозрізної ферми;

8. Технологія.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Підгурський М.І., к.т.н., професор		
Спеціальна частина	Підгурський М.І., к.т.н., професор		
Організаційно-економічна частина	Мельник Л.М., д.е.н., доц.		
Охорона праці	Каспрук В.Б., к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С., ст. викл., Клепчик В.М.		
Екологія	Лясота О.М., к.т.н., доц., Зварич Н.М., к.т.н., доц.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Архітектурне планування		
2	Компонування конструктивної схеми каркасу будівлі		
3	Проектування зв'язків і торцевого фахверка		
4	Статичний розрахунок поперечної рами		
5	Збір навантажень		
6	Визначення зусиль у перерізах поперечної рами		
7	Розрахунок ступінчатої колони виробничої будівлі		
8	Підбір перерізу надкранової частини колони		
9	Підбір перерізу нижньої частини колони		
10	Розрахунок решітки колони		
11	Розрахунок і конструювання бази колони		
12	Розрахунок ферми		
13	Розрахунок зварних з'єднань		
14	Розрахунок підкранової балки		
15	Дослідження напружено-деформованого стану ферми		
16	Техніко-економічне порівняння варіантів ферми		
17	Розробка заходів по охороні праці		
18	Охорона навколишнього середовища		

Студент _____
(підпис)

Зубенко Д.М.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Підгурський М.І.
_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ	3
1. Архітектурна частина	4
1.1 Конструктивне рішення	4
1.2. Теплотехнічний розрахунок стінового огородження.....	8
2. Розрахунок несучих конструктивних рам виробничої будівлі	11
2.1 Вихідні дані для проектування	11
2.2 Компонування конструктивної схеми каркасу будівлі	11
2.2.1 Визначення розмірів по вертикалі	12
2.2.2 Визначення розмірів по горизонталі	13
2.2.3 Проектування зв'язків і торцевого фахверка	14
2.3 Статичний розрахунок поперечної рами	16
2.3.1 Постійні навантаження.....	16
2.3.2 Навантаження від снігу	20
2.3.3 Вертикальне навантаження від мостових кранів	22
2.3.4 Горизонтальне кранове навантаження	25
2.3.5 Вітрове навантаження	27
2.3.6 Визначення зусиль у перерізах поперечної рами	32
2.3.6.1 Навантаження від власної ваги конструкцій.....	34
2.3.6.2 Снігове навантаження	35
2.3.6.3 Вертикальне кранове навантаження	36
2.3.6.4 Горизонтальне кранове навантаження	38
2.3.6.4 Вітрове навантаження при дії вітру зліва.....	40
2.4. Розрахунок ступінчатої колони виробничої будівлі	43
2.4.1 Визначення розрахункових довжин	43
2.4.2 Підбір перерізу надкранової частини колони	44
2.4.3 Підбір перерізу нижньої частини колони.....	50
2.4.4 Розрахунок решітки колони.....	54
2.4.5. Розрахунок і конструювання з'єднання надкранової і підкранової частин колони.....	55
2.4.6 Розрахунок і конструювання бази колони	57
2.4.6.1 База зовнішньої вітки	57
2.4.6.2 База підкранової вітки	59
2.4.7 Розрахунок анкерних болтів	60
2.5 Розрахунок ферми	61
2.5.1 Збір навантажень	61
2.5.2 Підбір перерізів	68
2.5.3 Розрахунок зварних з'єднань	76
2.5.3.1 Вузли зі зміною перерізів поясів (заводські стики).....	82

2.5.3.2 Монтажні (укрупнювальні) вузли.....	86
2.6 Розрахунок підкранової балки.....	92
2.6.1 Визначення розрахункових зусиль.....	92
2.6.2 Вибір перерізу балки.....	97
3 Спеціальна частина	102
3.1 Параметри генерації РСН ферма 1 прольот С245.....	102
3.2 Параметри генерації РСН ферма 1-2 прольот С245.....	137
3.3 Параметри генерації РСН ферма 1-2 прольот С345.....	143
4 Економічна частина	152
4.1 Виготовлення розрізної ферми прольотом 36м.....	152
4.2 Виготовлення нерозрізної ферми прольотом 36м.....	158
5 Технологія виконання робіт	163
5.1 Монтаж колон.....	163
5.2 Монтаж ферм.....	169
5.2.1 Підготовка конструкцій до монтажу.....	169
5.2.2 Монтаж.....	170
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	174
6.1 Нормативні документи з охорони праці.....	174
6.2 Умови безпечного різання металу.....	174
6.3 Умови безпечного зварювання металу.....	176
6.3.1 Загальні вимоги безпеки при ручному дуговому зварюванні.....	176
6.3.2 Загальні вимоги безпеки до процесів зварювання на поточно-механізованих і конвеєрних лініях.....	177
6.3.3 Вимоги безпеки до процесів зварювання під флюсом.....	178
6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	179
7 Екологія	182
7.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	182
7.2 Роль матеріалозбереження у вирішенні екологічних проблем.....	183
7.3 Методи переробки металевих відходів.....	183
Висновки	185
Бібліографія	186

Вступ

В сучасному світі промислове виробництво все більше набирає обертів. Це стосується багатьох сфер діяльності людини. Для цих потреб будуються різноманітні промислові будівлі.

Зі збільшенням попиту на будівництво промислових будівель збільшуються вимоги до раціонального використання будівельних матеріалів, раціонального підбору перерізів та дотримання європейських норм.

Виходячи з завдання розроблений проект одноповерхової промислової будівлі.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНА ЧАСТИНА

1.1 Конструктивне рішення

Виробничий корпус запроєктований по сталевій каркасній конструктивній схемі з поперечними рамами. Поперечна рама утворюється фундаментами, колонами, жорстко забитими в фундаменти, і шарнірно з'єднаними з несучими, елементами покриття, кроквяними фермами; до каркасу відносяться також плити, фундаментні балки і зв'язки жорсткості.

Об'ємно-планувальне рішення будь-якої промислового будівлі залежить від характеру технологічного процесу, наявного всередині будівлі.

В даному проєкті була вибрана одноповерхова виробнича будівля. Висота поверху прийнята 18 м.

У будівлі використовується крок колон крайніх та середніх -12м. Також передбачені фахверкові колони по ширині прольотів по зовнішніх стінах через 6 м, щоб забезпечити використання тільки 6-ти метрових стінових панелей.

Для кріплення стінових панелей до кутових і крайнім середніх рядів несучим колонам приварюють фахверкові стійки, утворені сполученням балок кутового профілю.

Кроквяна ферма запроєктована з прольотом 36 метрів, прогони розміщені з кроком 3м. Крок ферм 12 м, стержні ферми виконують із сталі С245, фасонки із сталі С255.



Рисунок 1.1 Кроквяна ферма

Стінове огороження - тришарові панелі з обшивками із сталевого профільованого листа НС-44-1000-0,7. Утеплювач - мінераловатні плити. Стінові панелі прийняті горизонтального розташування.

Будівля обладнана світлоаераційним ліхтарем. Вікна з подвійним склінням.

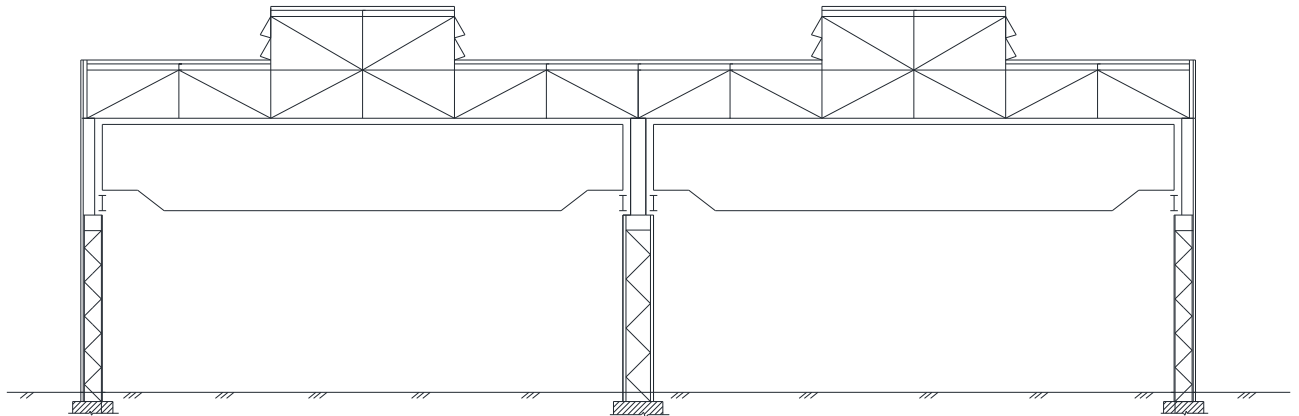


Рисунок 1.2 Поперечний переріз будівлі

Корпус складається з двох суміжних прольотів, з розмірами в осях 72×216 м. Освітлення в усіх прольотах природне через вікна і через світлоаераційні ліхтарі, з підсвічуванням в глибині.

Транспортування вантажів здійснюється мостовими кранами, вантажопідйомністю 80 т.

Основні технологічні операції в цеху протікають без значних виділень тепла, пилу, диму, кіптяви і шкідливих газів. Підприємство забезпечено місцевим тепlopостачанням, водопостачанням, виробничої і зливової каналізацією, електропостачанням.

Сталеві віконні панелі з застосуванням гнутих профілів запроектовані за серією ПР-05-50.

Скління в будівлі запроектовано стрічкове, із сталевих віконних панелей. Номінальний розмір панелей 1,2 м і довжиною 6м. Монтаж віконних панелей ведеться одночасно зі стіновими панелями, на аналогічних кріпленнях. Внутрішні площині віконних панелей зміщуються назовні по відношенню до площини стіни.

Конструкція віконної панелі складається з коробки-остова, що сприймає вітрові навантаження і пов'язаного з несучим каркасом будівлі коробки площею до $2,5\text{м}^2$.

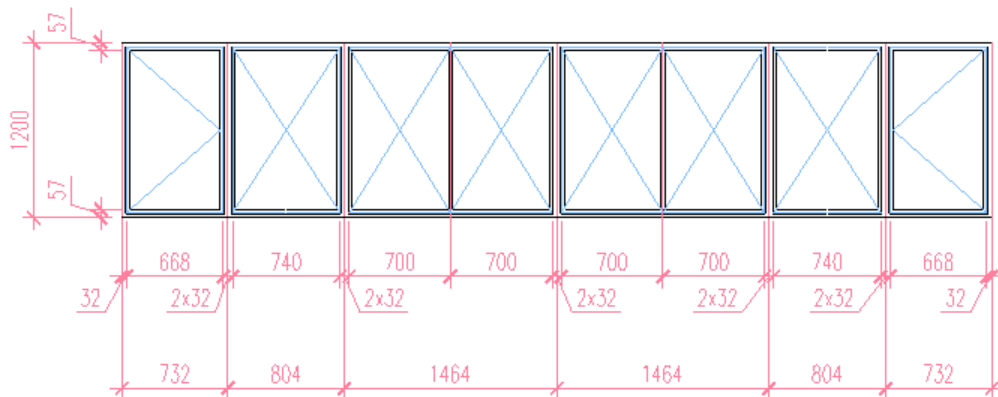


Рисунок 1.3 Сталеві віконні панелі

Несучі колони – ступінчасті колони з перерізом що змінюється по висоті. Надкранову частину колони запроєктовано у вигляді симетричного складеного двотавра з висотою перерізу 750 мм. Переріз підкранової частини колони запроєктовано наскрізним, що складається з двох віток: підкранової і зовнішньої, з'єднаних у двох площинах решіткою. Підкранову вітку прийнято у вигляді зварного двотаврового перерізу, а зовнішню – у вигляді складеного швелера – з листа і двох кутників. Матеріал колони – сталь 18Гпс.

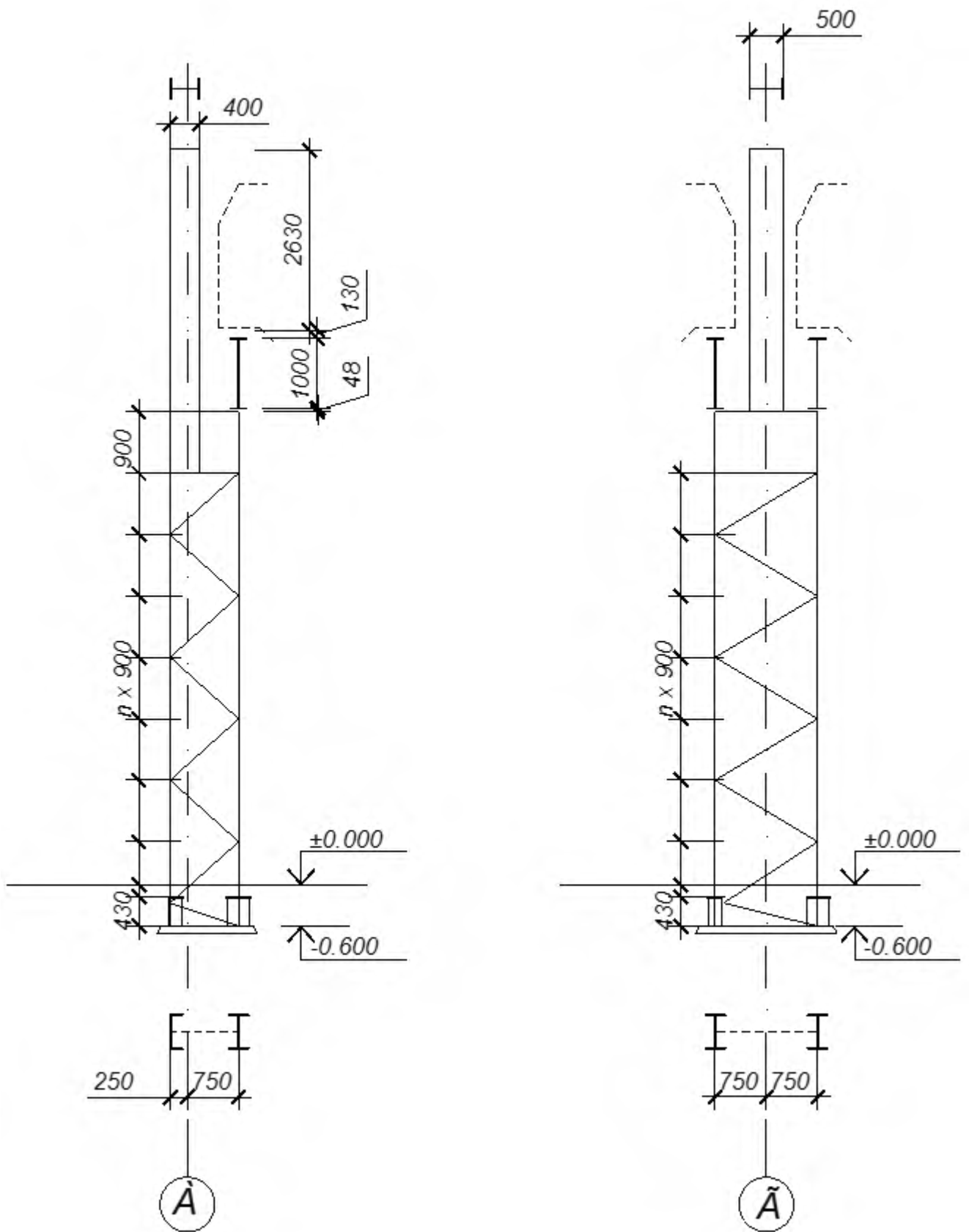


Рисунок 1.4 Крайня та середні колони

У зовнішніх стінах для проїзду автомобільного транспорту передбачені ворота розміром 4.20x4.0 м. Рама і обв'язка полотен виконана з гнутих профілів, а полотно з профільованих листів з утеплювачем.

У будівлі передбачено два поперечних деформаційних швів. Вони оберігають від утворення тріщин конструктивні елементи, що викликаються коливаннями температури зовнішнього і внутрішнього повітря.

Поперечний шов влаштований на двох колонах і однієї осі. Осі колон мають прив'язку по 750 мм.

1.2. Теплотехнічний розрахунок стінового огороження

Необхідний опір теплопередачі стінових огорожувальних конструкцій (сендвіч-панелі) відповідають санітарно-гігієнічним і комфортним умовам, визначають за формулою:

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_v - t_n)}{\Delta t^n \cdot \alpha_v} = \frac{1 \cdot (20 + 17)}{6,72 \cdot 8,7} = 0,804$$

де $n = 1$ - коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій по відношенню до зовнішнього повітря;

$t_v = 20^\circ\text{C}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, яка приймається згідно нормам проектування відповідних будівель і споруд;

$t_n = -17^\circ\text{C}$ - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, що дорівнює середній температурі найбільш холодної п'ятиденки;

$\Delta t^n = 6,72$ - нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, що приймається залежно від температури точки роси $t_p = 13,28^\circ\text{C}$

$\alpha_v = 8,7$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій.

Опір теплопередачі R_o , $m^2 \cdot ^\circ C / W$, огорожувальної конструкції слід визначати за формулою:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\%o}} + R_k + \frac{1}{\alpha}, \quad (1.1)$$

де R_k - термічний опір огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot ^\circ C / W$, визначається за формулою:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

де R_1, R_2, \dots, R_n - термічні опори окремих шарів огорожувальних конструкції, $m^2 \cdot ^\circ C / W$, за формулою:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (1.2)$$

де δ - товщина шару, м;

λ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, $W / (m \cdot ^\circ C)$,
 $\alpha_n = 23 W / (m \cdot ^\circ C)$ - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

$$R_o^{tp} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_n} \quad (1.3)$$

Сендвіч-панель складається їх трьох шарів:

- сталевий лист С18-1000-0.7 товщиною $\delta_1 = 0,7$ мм
і з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_1 = 58 W / (m \cdot ^\circ C)$;

- утеплюючий шар пінополіуретану з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_2 = 0,041 W / (m \cdot ^\circ C)$;

сталевий лист С18-1000-0.7 товщиною $\delta_1 = 0,7$ мм

і з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_1 = 58$ Вт/(м °С);

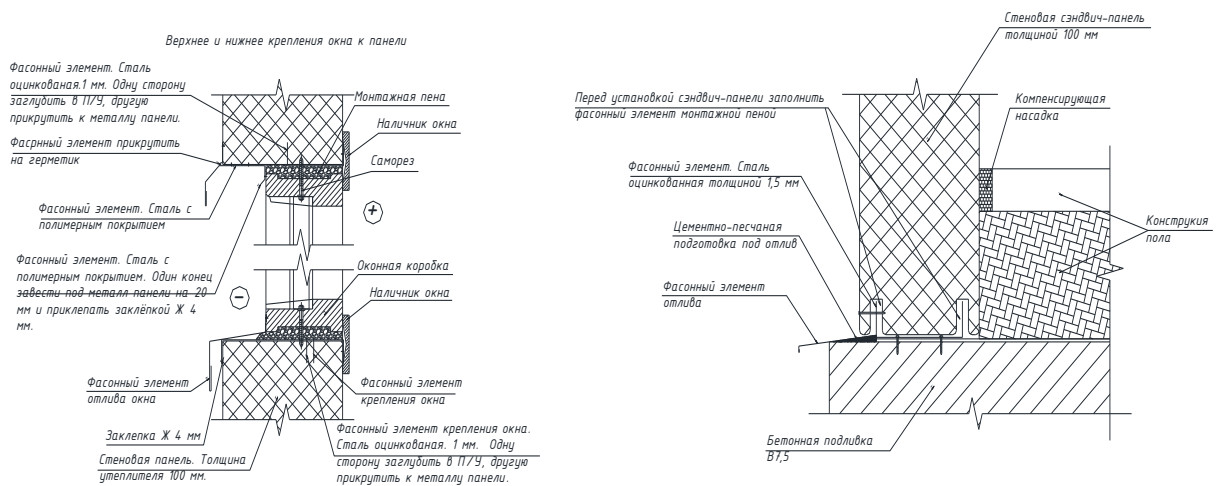


Рисунок 1.5 Вузлы кріплення стіновий панелі а) вікна до панелі, б) статі до панелі.

$$\delta_{\text{ут}} = \left(R_o^{\text{тр}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (1.4)$$

$$\delta_{\text{ут}} = \left(0,803 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,0007}{58} - \frac{0,0007}{58} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,041 = 0,086$$

$m = 86$ мм

Приймаємо пінополіуретановий утеплювач товщиною 100 мм відповідно до конструкції віконних рам і забезпечення жорсткості «сэндвіч» панелей.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК НЕСУЧИХ КОНСТРУКТИВНИХ РАМ ВИРОБНИЧОЇ БУДІВЛІ

2.1 Вихідні дані для проектування

Місце будівництва – м. Одеса;

Довжина будівлі – 216 м;

Крок рам – 12 м;

Проліт цеху – 36 м;

Кількість прогонів – 2;

Крок рам і крок ферм однаковий;

Вантажопідйомність двох кранів – 80 тонн;

Режим роботи кранів – середній;

Відмітка головки кранового рельса – 13,2 м;

Фундамент клас бетону В12,5;

Ферми звичайні з кутників;

Тип покриття по прогонах, холодний.

2.2 Компонування конструктивної схеми каркасу будівлі

Виробничий корпус – двопролітний ($l=36$ м), обладнаний двома мостовими кранами $Q_1=80$ т, $Q_2=80$ т, середнього режиму роботи. Довжина корпусу – $L=216$ м, крок поперечних рам $B=12$ м, відмітка головки кранової рейки +13,2 м. Місце будівництва – м. Одеса.

Стінове огороження - тришарові панелі з обшивками із сталевого профільованого листа НС-44-1000-0,7 ($g = 8,3 \text{ кг/м}^2$). Утеплювач - мінераловатні плити ($t = 80 \text{ мм}$, $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$). Стінові панелі прийняті горизонтального розташування, по поздовжніх осях передбачаються додаткові стояки поздовжнього фахверка через 6 м. Будівля обладнана світлоаераційним ліхтарем. Вікна з подвійним склінням. Бетон фундаменту - клас В 12.5.

2.2.1 Визначення розмірів по вертикалі

При кранах $Q_1 = 80 \text{ т}$, $Q_2 = 80 \text{ т}$ приймаємо схему зі ступінчастими колонами і обпираємо підкранові балки на уступ колони. За табл. Д.2.2 [1] для крана з найбільшою вантажопідйомністю $Q = 80 \text{ т}$ при $L = 36 \text{ м}$: $H_{cr} = 4000 \text{ мм}$, $B_{cr} = 400 \text{ мм}$, тип рейки Кр-80 з висотою $h_r = 170 \text{ мм}$, висота підкранової балки $h_{bc} = 1650 \text{ мм}$. Визначимо розмір H_2 :

$$H_2 = H_{cr} + 100 + c \quad (2.1)$$

де H_{cr} – висота моста крана (відстань від головки рейки до верхньої точки візка крана);

100 мм – допуск на виготовлення кранів;

c – зазор, який враховує прогин ригеля і габарит виступаючих вниз елементів, а також можливе провисання в'язей (при $L = 36 \text{ м}$ приймаємо $c = 400 \text{ мм}$).

$$H_2 = 4000 + 100 + 400 = 4500 \text{ мм.}$$

Корисна вага будівлі становитиме:

$$H_0 = H_1 + H_2, \quad (2.2)$$

де H_1 – позначка рівня головки рейки.

$$H_0 = H_1 + H_2 = 13200 + 4600 = 17800 \text{ мм.}$$

Отримане значення $H_0 = 17800$ мм не кратне 600 мм, тому за вимогами уніфікації $H_0 = 18000$ мм.

Приймаємо глибину заглиблення колони $H_b = 600$ мм. Тоді повна висота колони буде:

$$l_c = H_0 + H_b \quad (2.3)$$

$$l_c = 18000 + 600 = 18600 \text{ мм.}$$

Довжини верхньої і нижньої частини колони:

$$l_2 = h_{bc} + h_r + H_2, \quad (2.4)$$

де h_{bc} – висота підкранової балки;

h_r – висота кранової рейки.

$$l_2 = 1650 + 170 + 4600 = 6420 \text{ мм}$$

$$l_1 = H_0 - l_2 - H_b \quad (2.5)$$

де H_b – заглиблення бази колони нижче рівня чистої підлоги (нульової позначки).

$$l_1 = 18000 - 6420 + 600 = 12180 \text{ мм.}$$

Висота уніфікованої ферми з паралельними поясами становить 3150 мм. Ферма шарнірно з'єднується з колонами і обпирається на них зверху.

2.2.2 Визначення розмірів по горизонталі

Приймаємо $a = 250$ мм, з умови забезпечення горизонтальної жорсткості ширину верхньої частини колони призначаємо $h_2 = 750$ мм, що більше ніж $l_2/12 = 6420/12 = 535$ мм.

З урахуванням залежностей:

$$a_1 = B_{cr} + (h_2 - a) + 75, a_1 = h_1 - a \quad (2.6)$$

$$a_1 = 400 + (750 - 250) + 75 = 975 \text{ мм.}$$

Приймаємо $a_1 = 1000$ мм (кратне 250 мм).

$$\text{Ширина нижньої частини колони: } h_1 = a + a_1 = 1000 + 250 = 1250 \text{ мм.}$$

Приймаємо, що колони жорстко з'єднуються з фундаментами.

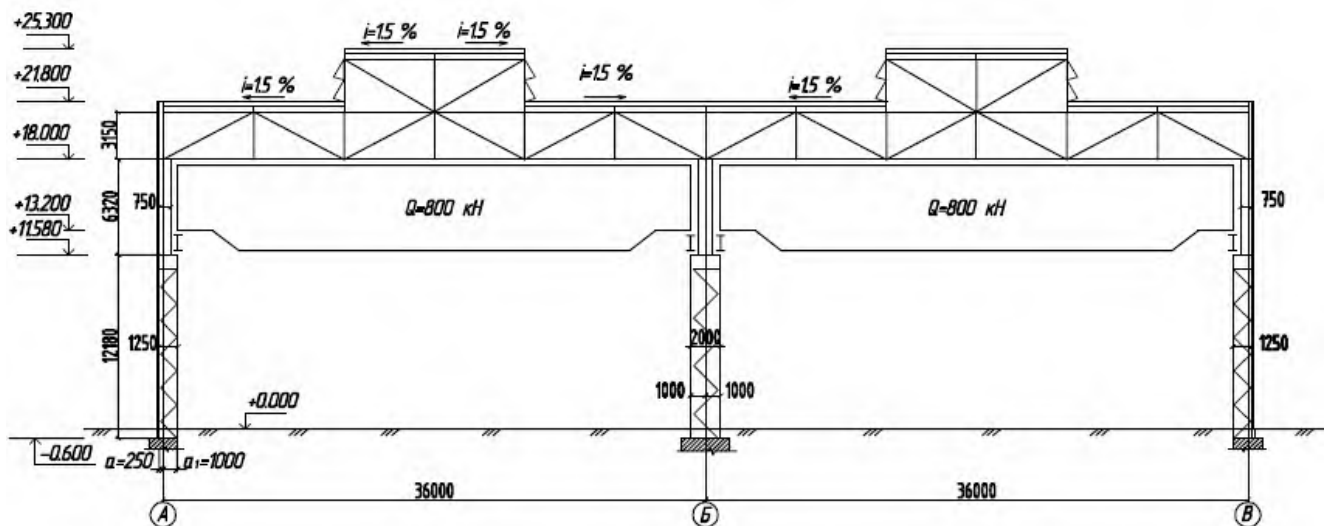


Рисунок 2.1 Компонівка поперечної рами.

2.2.3 Проектування зв'язків і торцевого фахверка

Схема торцевого фахверка показана на рисунку 2.2. В споруді виконують зв'язки між колонами по верхніх і нижніх поясах ферм, вертикальні між фермами та рамами ліхтаря. Оскільки стінові панелі (утеплені) мають розміри 6м x 1,2м, то між колонами поперечних рам монтуються колони поздовжнього фахверка цих панелей.

Вертикальні зв'язки між колонами необхідні для того, щоб каркас не змістився в поздовжньому напрямку, а також для забезпечення стійкості колон.

Вони сприймають поздовжні навантаження: вітрові і поздовжнє гальмування крану.

Оскільки довжина будинку $L = 216\text{м} > 200\text{м}$ (для неопалюваної будівлі), то заданий будинок потребує температурний шов, тому буде два температурних блоки.

По середині температурного блоку встановлюємо хрестові вертикальні зв'язки, які розташовуються по поздовжніх рядах колон у верхньому надкрановому і нижньому ярусах цеху. Так як раціональний кут нахилу розкосів зв'язків до горизонту складає $35-55^\circ$, то нижні зв'язки виконують у вигляді двох хрестів із затяжкою. Зв'язки, які встановлюються в межах висоти ригелів у зв'язковому блоці і торцевих кроках, проектується у вигляді самостійних ферм, в інших місцях встановлюються розпорки.

Зв'язки по покриттю встановлюють для забезпечення просторової жорсткості каркасу і стійкості покриття. Вони розташовуються: в площині верхніх поясів ферм – в торцях цеху і при великій довжині температурного блоку через 60 м ; в площині нижніх поясів ферм – по периметру споруди. Зв'язки виконують з кутників, які приварюються до закладних деталей колон.

Зв'язки по верхніх та нижніх поясах ферм виконують з кутників. Адже для цих конструкцій гранична гнучкість $\lambda_c = 200$, а розрахункова довжина по осі x та y буде дорівнювати $l_x = l_y = \sqrt{6^2 + 6^2} = 848\text{ см}$. Далі радіуси інерції для i_x та $i_y = l_x / \lambda_c = 848/200 = 4,24\text{ см}$. Згідно сортамента приймаємо два кутники $\perp 100 \times 6,5$. Для зв'язків між колонами та ригелями ферм приймаємо аналогічні кутники що й для зв'язків між поясами ферм $\perp 100 \times 6,5$.

Торцевий фахверк запроектований з кроком 6 м в вигляді двотаврів. Зв'язки по цих колонах виконують двох типів, перший тип, це по краях прольотів (де розрахункова довжина 848 см), для них приймаємо два кутники $\perp 100 \times 6,5$, інші зв'язки розраховуємо аналогічно, і проектуємо їх з двох кутників $\perp 50 \times 5$.

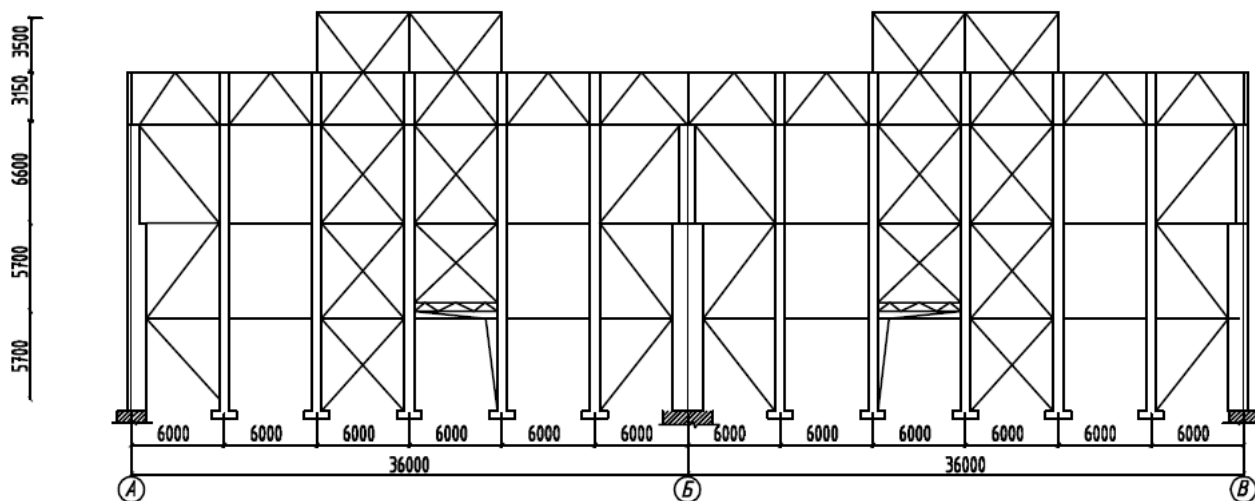


Рисунок 2.2 Схема торцевого фахверка

2.3 Статичний розрахунок поперечної рами

2.3.1 Постійні навантаження

Розрахункове експлуатаційне значення постійного навантаження обчислюється щодо характеристичного навантаження з коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_{fe} = 1,0$ та чисельно збігається з характеристичним.

Таблиця 2.1

Постійні навантаження від власної ваги конструкцій покриття на 1 м^2

Елемент покрівлі	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням, γ_{fm}	Розрахункове граничне навантаження, кН/м^2
Захисний шар гравію, втопленого в бітумну мастику $t = 10\text{мм}$, $\rho = 2000\text{кг/м}^3$	0,20	1,3	0,26
Гідроізоляція (чотири шари руберойду)	0,16	1,3	0,21
Пароізоляція (один шар пергаміну)	0,05	1,3	0,06
Каркас ліхтаря	0,1	1,05	0,105

Продовження таблиці 2.1

Сталевий профільований настил Н60-845-0,7	0,09	1,05	0,09
Наскрізні прогони	0,09	1,05	0,10
Наскрізні ригелі (ферми)	0,30	1,05	0,31
В'язі по покриттю	0,05	1,05	0,05
Разом:	1,04		1,175
Те саме, з урахуванням коефіцієнта надійності за відповідальністю $\gamma_n = 0,95$	0,988		$g = 1,11$

Розрахункове граничне лінійно розподілене навантаження на ригель рами від власної ваги покриття визначається за формулою:

$$q_r = g \cdot B / \cos \alpha \quad (3.1)$$

$$q_r = 1,11 \cdot 12 / 1 = 13,32 \text{ кН/м.}$$

Опорна реакція ригеля рами:

$$Q_r = q_r \cdot L / 2 \quad (3.2)$$

$$Q_r = 13,32 \cdot 36 / 2 = 239,76 \text{ кН.}$$

Таблиця 2.2

Постійні навантаження від колони.

Елемент	Характеристичне значення навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням, γ_{fm}	Розрахункове граничне навантаження, кН/м ²
Колона	0,75	1,05	0,78

Власна вага колони (використовуємо дані табл. Д. 2.1) [1]:

$$G_k = q_k \cdot B \cdot L/2 \quad (3.3)$$

$$G_k = 0,78 \cdot 12 \cdot 36/2 = 168,48 \text{ кН.}$$

Граничне розрахункове навантаження від власної ваги нижньої частини колони (80%): $G_{k1} = 0,8 \cdot G_k \cdot \gamma_{fm} = 0,8 \cdot 168,48 \cdot 1,05 = 141,52 \text{ кН}$; від власної ваги верхньої частини колони (20%): $G_{k2} = 0,2 \cdot G_k \cdot \gamma_{fm} = 0,2 \cdot 168,48 \cdot 1,05 = 35,38 \text{ кН}$.

Характеристичне навантаження від стінового огороження визначаємо з табл. Д. 2.1[1], розрахункове граничне - обчислене в таблиці 2.3.

Граничне розрахункове навантаження на верхню частину колони (з позначки +11,580 до позначки +21,800) від стінового огороження обчислюємо з урахуванням наявності стояка поздовжнього фахверку (встановлюється між основними колонами при $B = 12 \text{ м}$) з ділянки стіни, що дорівнює половині кроку рам:

$$G_{w2} = 0,393 \cdot (21,8 - 11,3) \cdot 12/2 = 24,09 \text{ кН.}$$

Навантаження від стінового огороження на нижню частину колони (від позначки 0,000 до позначки +11,580):

$$G_{w1} = 0,393 \cdot 11,58 \cdot 12/2 = 27,3 \text{ кН.}$$

Таблиця 2.3
Постійні навантаження від стінового огороження

Елемент стінового огороження	Характеристичне значення навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за граничним навантаженням, γ_{fn}	Розрахункове граничне навантаження, кН/м ²
Тришарові стінові панелі: два профільовані листи НС44-1000-0,7; мінераловатні плити ($t = 80$ мм; $\rho - 150$ кг/м ³)	0,166	1,05	0,174
	0,120	1,3	0,156
Ригелі	0,060	1,05	0,063
Всього з урахуванням $\gamma_n = 0,95$	0,346		0,393

Граничне сумарне навантаження на верхню і нижню частини колони від власної ваги колони і стінового огороження з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням:

$$G_2 = (G_{K2} + G_{w2}) \cdot \gamma_n \quad (3.4)$$

$$G_2 = (35,38 + 24,09) \cdot 0,95 = 56,5 \text{ кН};$$

$$G_1 = (G_{K1} + G_{w1}) \cdot \gamma_n \quad (3.5)$$

$$G_1 = (141,52 + 27,3) \cdot 0,95 = 160,37 \text{ кН}.$$

Навантаження від власної ваги підкранових конструкцій, з огляду на його незначний вплив, врахуємо при визначенні навантаження від кранів.

Поздовжні сили G_1 і G_2 вважаємо прикладеними посередині відповідних ділянок колон. Внаслідок малості нехтуємо ексцентриситетом прикладення навантаження відносно центра ваги перерізу колони.

Визначаємо момент у рівні сполучення верхньої і нижньої частин колон:

$$M = (Q_r + G_2) \cdot e_0 \quad (3.6)$$

$$M = (239,76 + 56,5) \cdot 0,25 = 74,06 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Спрощена розрахункова схема рами має спрямлені осі ступінчастих колон, суміщені з осями верхніх ділянок. Таке спрощення схеми не впливає на розрахункові зусилля, крім випадків завантаження верхніх ділянок вертикальними навантаженнями (від ригеля та частково власної ваги стін), що передаються на нижню частину колони з ексцентриситетом e_0 . Це враховується зосередженим моментом у рівні межі верхньої (надкранової) та нижньої (підкранової) частин колони. Наявність ексцентриситету e_0 враховується формулами табл. Д. 3.2[1], тому цей зосереджений момент не розглядається як компонент навантаження при визначенні невідомого зусилля X .

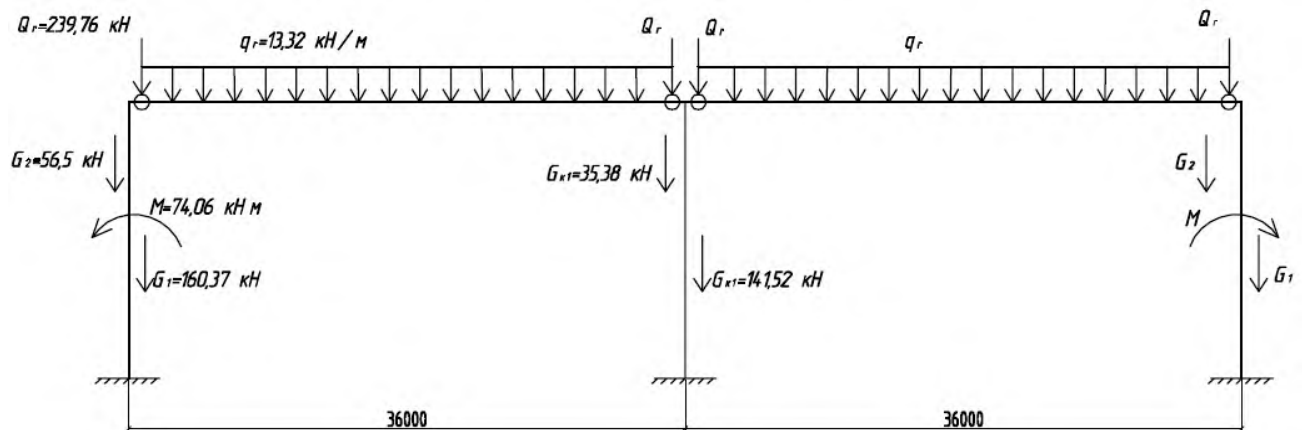


Рисунок 2.3 Схема постійного навантаження.

2.3.2 Навантаження від снігу

Граничне розрахункове навантаження на 1 м^2 горизонтальної проекції покриття для міста Одеси (2-го снігового району) визначаємо за табл. Д. 2.5 та Д.2.7 [1] при $T = 50$ років, $\gamma_{fm} = 1,0$; $S_0 = 0,88 \text{ кПа}$.

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C \quad (3.7)$$

$$S_m = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,8 = 0,704 \text{ кН/м}^2.$$

$$C = \mu \cdot C_B \cdot C_{alt} \quad (3.8)$$

$$\mu = 1.$$

$C_B = 0,8$, бо холодне покриття.

$$C_{alt} = 1.$$

$$C = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

Граничне розрахункове рівномірно розподілене навантаження на ригель з урахуванням $\gamma_n = 0,95$:

$$q_s = S_m \cdot B \cdot \gamma_n \quad (3.9)$$

$$q_s = 0,704 \cdot 12 \cdot 0,95 = 8,02 \text{ кН/м.}$$

Опорна реакція ригеля від снігового навантаження:

$$Q_s = q_s \cdot L/2 \quad (3.10)$$

$$Q_s = 8,2 \cdot 36/2 = 144,36 \text{ кН.}$$

Зосереджений момент через зміщення осей верхньої та нижньої частин:

$$M = Q_s \cdot e_0 \quad (3.11)$$

$$M = 144,36 \cdot 0,25 = 36,09 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

На рисунку 2.4 зображена схема снігового навантаження.

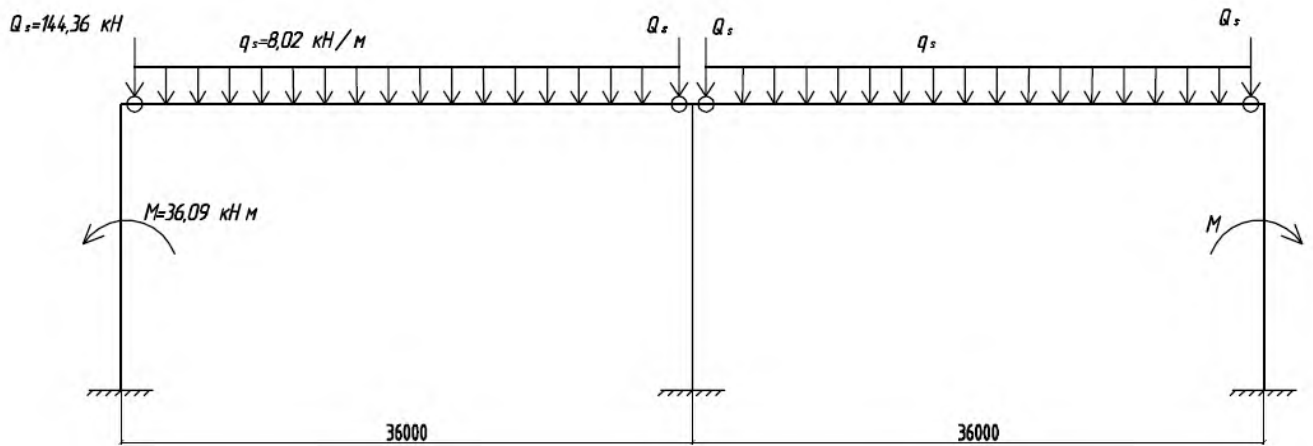


Рисунок 2.4 Схема снігового навантаження.

2.3.3 Вертикальне навантаження від мостових кранів

Схему бази моста крана і навантаження від коліс приймаємо за табл. Д.2.2 [1].

Таблиця 2.4

Характеристики мостового крана

Q, T	L_{cr} м	C, мм	K, мм	$F_{1n,max}$, кН	$G_{с, T}$	G, T	$F_{2n,max}$, кН
80/20	34,5	9100	4350	410	32,3	127,4	430

Схема встановлення двох зближених кранів на лінію впливу опорної реакції наведена на рисунку 2.5.

Розрахунковий тиск від кранового навантаження на колони визначаємо за лініями впливу опорних реакцій підкранових балок при найбільш несприятливому розташуванні двох зближених кранів.

Характеристичне значення мінімального тиску колеса крана на рейку:

$$F_{n,min} = \frac{Q + G}{n_k} - \frac{F_{1n,max} + F_{2n,max}}{2} \quad (3.12)$$

$$F_{n,min} = \frac{800+1274}{4} - \frac{410+430}{2} = 121 \text{ кН}$$

Максимальне граничне навантаження на колону за формулою:

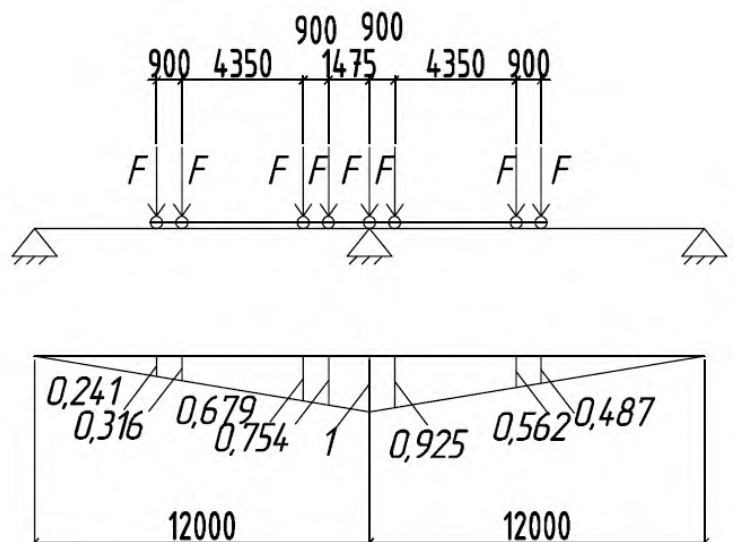
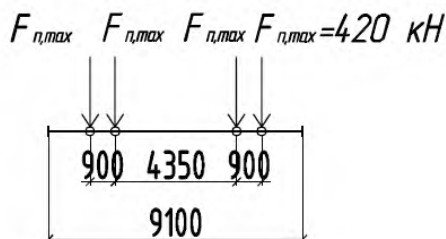
$$D_{max} = \psi \sum_{i=1}^n F_{n,max} \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_i \cdot n_0 \cdot \gamma_n \quad (3.13)$$

$$D_{max} = 0,85 \cdot 420 \cdot 1,1 \cdot (0,241 + 0,316 + 0,679 + 0,754 + 1 + 0,925 + 0,562 + +0,487) \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 1944,5 \text{ кН}$$

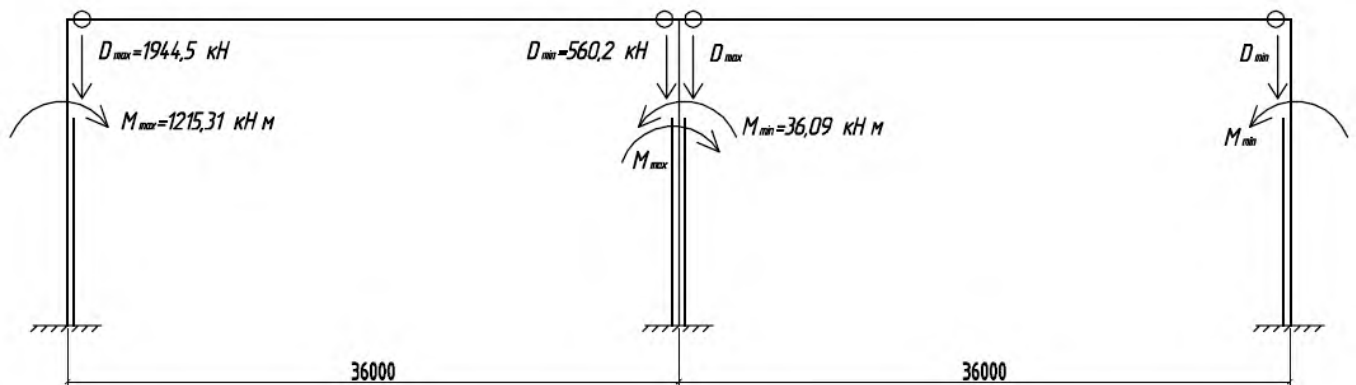
$$F_{n,max} = \frac{F_{1n,max} + F_{2n,max}}{2} \quad (3.14)$$

$$F_{n,max} = \frac{410+430}{2} = 420 \text{ кН}$$

при $T=50$ років, де прийнято $\gamma_{fm} = 1,1$ - коефіцієнт надійності за навантаженням (при заданому середньому періоді повторюваності $T = 50$ років); $\psi = 0,85$ - коефіцієнт сполучення при врахуванні двох кранів груп режимів роботи 1К - 6К; $n_0 = 1,05$ - коефіцієнт, що враховує власну вагу підкранової та гальмівної балок та тимчасове корисне навантаження на ній, $\gamma_n = 0,95$, y_i — ордината лінії впливу під відповідним колесом крана.



аб



В

Рисунок 2.5 Кранове навантаження:

а – схема розташування колісної групи; б – схема встановлення двох кранів на лінію впливу; в – схема вертикального кранового навантаження на раму.

Мінімальне граничне навантаження на колону становить:

$$D_{min} = \psi \sum_{i=1}^n F_{n,min} \cdot \gamma_{fm} \cdot y_i \cdot n_0 \cdot \gamma_n \quad (3.15)$$

$$D_{min} = 0,85 \cdot 121 \cdot 1,1 \cdot (0,241 + 0,316 + 0,679 + 0,754 + 1 + 0,925 + 0,562 + 0,487) \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 560,2 \text{ кН}$$

Розрахункові зовнішні моменти від кранового навантаження, що передаються через підкранові балки, визначаємо для відносно центральної осі нижньої частини колони:

$$M_{max} = D_{max} \cdot h_1 / 2 \quad (3.16)$$

$$M_{max} = 1944,5 \cdot 1,25 / 2 = 1215,31 \text{ кНм};$$

$$M_{min} = D_{min} \cdot h_1 / 2 \quad (3.17)$$

$$M_{min} = 560,2 \cdot 1,25 / 2 = 350,12 \text{ кНм};$$

Тут прийнято, що для випадку симетричного перерізу підкранової частини колони $e_2 = h/2 = 1250/2 = 625$ мм.

2.3.4 Горизонтальне кранове навантаження

Характеристичне значення горизонтального навантаження чотириколісного мостового крана, спрямованого поперек кранового шляху, яке спричиняється перекосами мостових електричних кранів і непаралельністю кранових колій (бічна сила), на одне колесо крана:

$$H_{n,k} = 0,1 \cdot F_{n,max} + \frac{\alpha \cdot (F_{n,max} - F_{n,min}) \cdot L_{cr}}{K} \quad (3.18)$$

$$H_{n,k} = 0,1 \cdot 420 + \frac{0,01 \cdot (420 - 121) \cdot 34,5}{4,35} = 42 + 23,71 = 65,71 \text{ кН}$$

Тут при роздільному приводі механізму руху моста прийнято $\alpha = 0,01$.

Вважаємо, що навантаження прикладається до двох коліс по діагоналі крана та спрямоване в різні сторони.

Сили, що прикладаються до інших коліс, вважаємо направленими зліва направо:

$$H_{n,c} = 0,1 \cdot F_{n,max} \quad (3.19)$$

$$H_{n,c} = 0,1 \cdot 420 = 42 \text{ кН.}$$

Граничне розрахункове горизонтальне навантаження на колону від бічних сил з урахуванням коефіцієнта надійності за граничним значенням кранового навантаження $\gamma_{fm} = 1,1$:

- на ліву колону

$$H_{max} = \psi \cdot \sum (H_{n,i} \cdot y_i) \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_n \quad (3.20)$$

$$H_{max} = 0,85 \cdot (65,71 \cdot 1 + 42 \cdot 0,925) \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 96,49 \text{ кН}$$

- на праву колону

$$H_{min} = \psi \cdot \sum (H_{n,i} \cdot y_i) \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_n \quad (3.21)$$

$$H_{min} = 0,85 \cdot (-42 \cdot 1 + 65,71 \cdot 0,925) \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 16,68 \text{ кН}$$

Горизонтальні сили H прикладені в рівні верху кранової рейки та передаються на ліву та праву колони через гальмівні конструкції в рівні верхнього пояса підкранової балки, причому напрямок дії цих навантажень може бути змінений на протилежний одночасно на двох колонах.

Завантаження розрахункової схеми від дії мостових кранів наведено на рисунку.

Слід пам'ятати, що поперечне навантаження H залежить від навантаження D у тому розумінні, що не розглядається за відсутності D (D можливо розглядати без H).

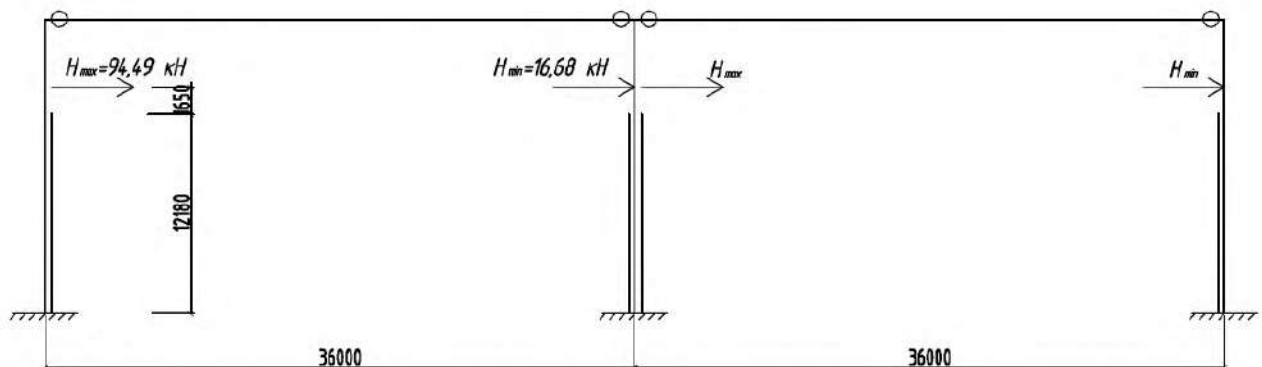
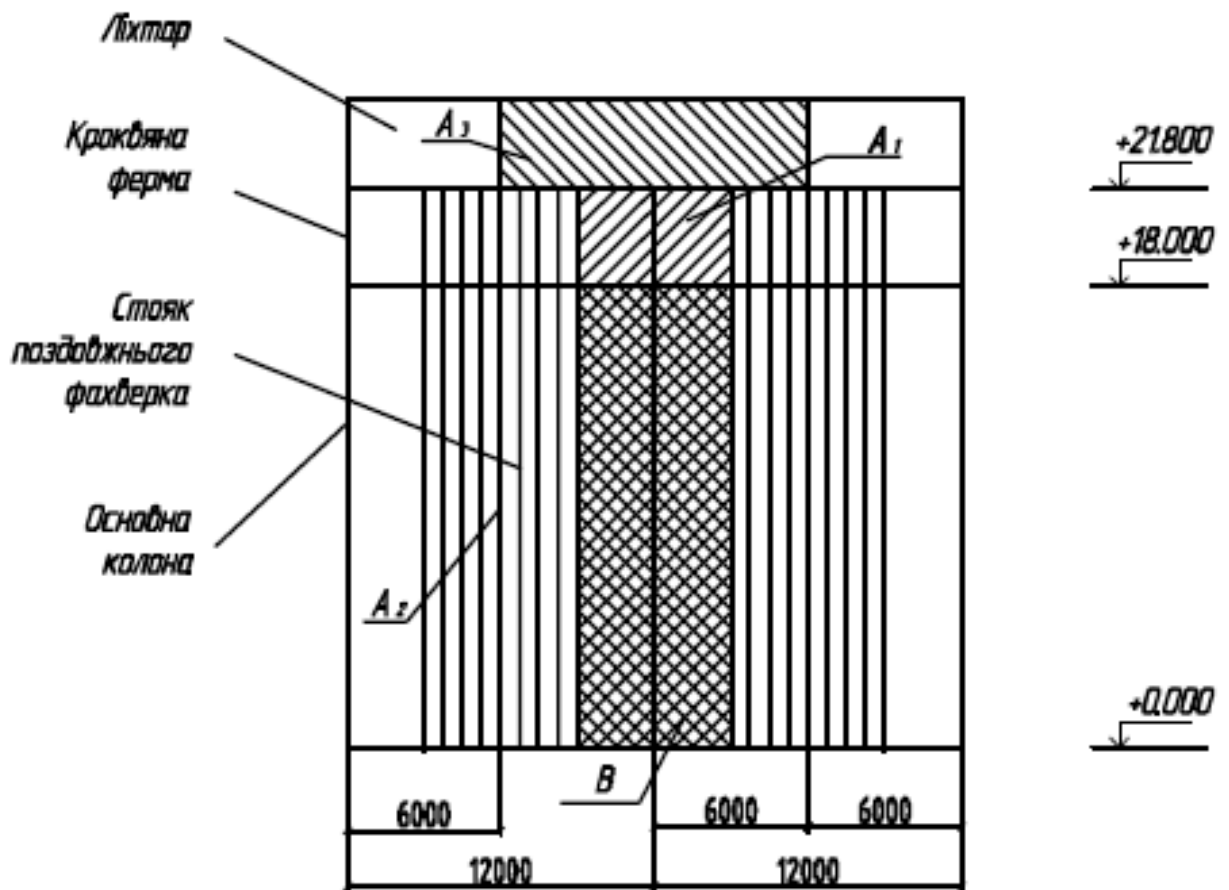


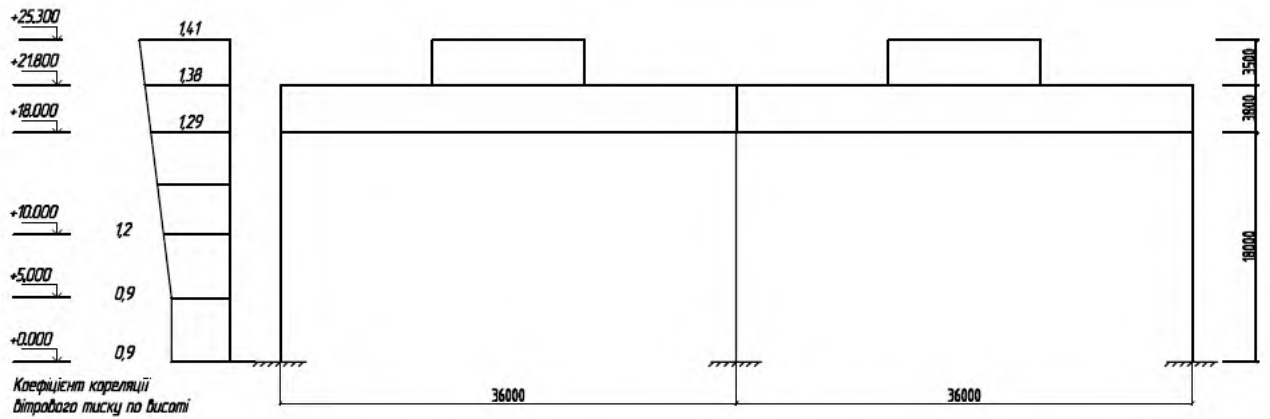
Рисунок 2.6 Схема горизонтального кранового навантаження на раму

2.3.5 Вітрове навантаження

Характеристичне значення вітрового тиску для заданого району будівництва $W_0 = 0,46$ кН/м (табл. Д.2.5)[1]. Тип місцевості I (відкрита місцевість). Стінові панелі довжиною 6м горизонтально закріплені на основних колонах та додаткових стояках поздовжнього стінового фахверку, що розміщені між основними колонами через $12/2 = 6$ м. Фахверковий стояк не з'єднується з гальмівними конструкціями підкранових колій, а верхнім кінцем обпирається на горизонтальні в'язі по нижніх поясах ферм на позначці +18,0 м.



а



б

Рисунок 2.7 Схема розподілу вітрового навантаження по висоті рами (б) та по повздовжній поверхні будівлі (а).

Аеродинамічні коефіцієнти показані на рисунку. Активний натиск вітру прийнятий з коефіцієнтом $C_e = + 0,8$, а від'ємний при значеннях $b/l > 2$ та $h_1/l = 25,3/36 = 0,7$ дорівнює $C_{e3} = - 0,55$ (за табл. Д.2.8) [1]. Вітровим навантаженням на горизонтальних ділянках покриття з від'ємними значеннями аеродинамічних коефіцієнтів, що незначною мірою впливає на зусилля у рамі каркасу, можна нехтувати.

Вітрове навантаження на поперечну раму, що розраховується, прикладається як розподілене по висоті основної колони (рисунок 2.7, б) та у вигляді зосереджених сил у верхніх вузлах рами. Ці зосереджені сили враховуються з ділянок A_1 та A_3 , розміщених вище осі ригеля, прийнятої у розрахунковій схемі, та від опорної реакції стояка поздовжнього фахверка - з ділянки A_2 (рисунок 2.7, а).

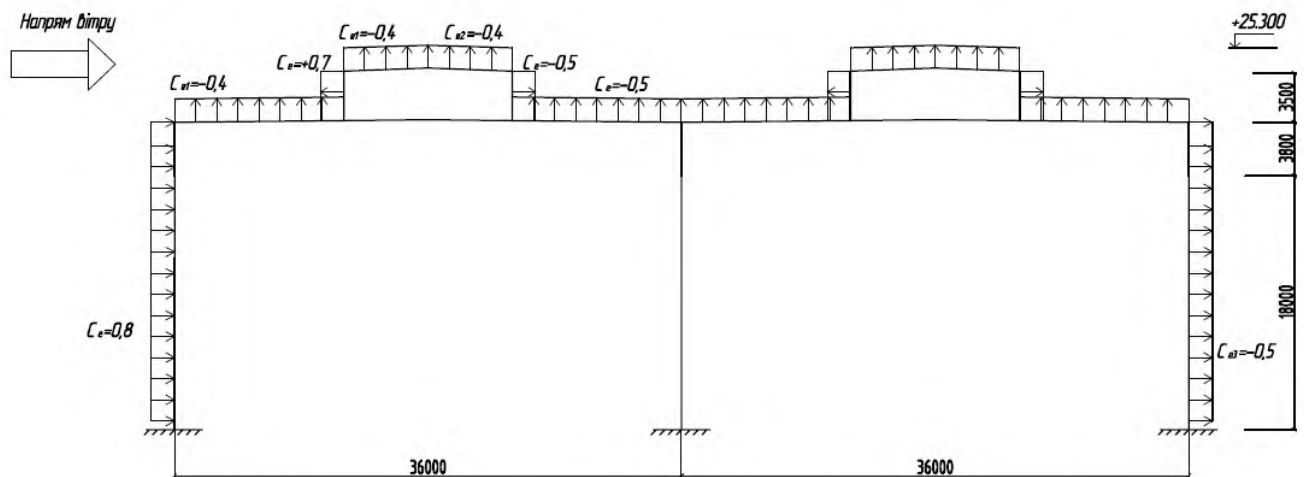


Рисунок 2.8 До визначення аеродинамічних коефіцієнтів.

Розподілене навантаження на основну колону рами змінюється зі збільшенням висоти відносно рівня землі (рисунок 2.7, а). Для спрощення розрахунку таку дію вітру замінюємо на рівномірно розподілене еквівалентне навантаження, інтенсивність якого визначається з умови, що згинальний момент у защемленні колони залишається таким самим. Значення коефіцієнта переходу до еквівалентного навантаження для рами з позначкою низу ригеля $H = 18,0$ м за табл. Д.2.6,5 [1] дорівнює $C_{eq} = 1,18$.

Еквівалентне рівномірно розподілене вітрове навантаження при кроці рам 12 м, $\gamma_{fm} = 1$, з проміжним стояком стінового фахверку:

- активне

$$q_{w,a} = W_0 \cdot C_e \cdot C_{eq} \cdot \gamma_{fm} \cdot \frac{B}{2} \cdot \gamma_n \quad (3.22)$$

$$q_{w,a} = 0,46 \cdot 0,8 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot \frac{12}{2} \cdot 0,95 = 2,47 \text{ кН/м}$$

- пасивне

$$q_{w,p} = W_0 \cdot C_{e3} \cdot C_{eq} \cdot \gamma_{fm} \cdot \frac{B}{2} \cdot \gamma_n \quad (3.23)$$

$$q_{w,p} = 0,46 \cdot 0,5 \cdot 1,18 \cdot 1 \cdot \frac{12}{2} \cdot 0,95 = 1,54 \text{ кН/м}$$

Вітрове навантаження, що діє вище нижнього пояса ригеля (тобто з висоти, що не увійшла до розрахункової схеми), враховується як зосереджені сили з відповідної площі та з середніми по висоті коефіцієнтами C_h (рисунок 2.5, а):

$$A_1 = (21,8 - 18) \cdot 12/2 = 22,8 \text{ м}^2;$$

$$\text{при } C_{h,сеп,1} = (1,29 + 1,38)/2 = 1,335;$$

$$A_3 = 3,5 \cdot 12 = 42 \text{ м}^2;$$

$$\text{при } C_{h,сеп,3} = (1,38 + 1,41)/2 = 1,395;$$

активне:

$$W_{a1} = W_0 \cdot (A_1 \cdot C_1 \cdot C_{h,сеп1} + A_3 \cdot C_3 \cdot C_{h,сеп3}) \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_n \quad (3.24)$$

$$W_{a1} = 0,46 \cdot (22,8 \cdot 0,8 \cdot 1,335 + 42 \cdot 0,7 \cdot 1,395) \cdot 1 \cdot 0,95 = 28,56 \text{ кН}$$

пасивне:

$$W_{p1} = 0,46 \cdot (22,8 \cdot 0,5 \cdot 1,335 + 42 \cdot 0,5 \cdot 1,395) \cdot 1 \cdot 0,95 = 19,45 \text{ кН}$$

Вітрове навантаження, яке сприймає стояк фахверка з площі A_2 , передається на раму через горизонтальну розпірку (верхню опору стояка) в рівні нижніх поясів ферм (рисунок 2.9).

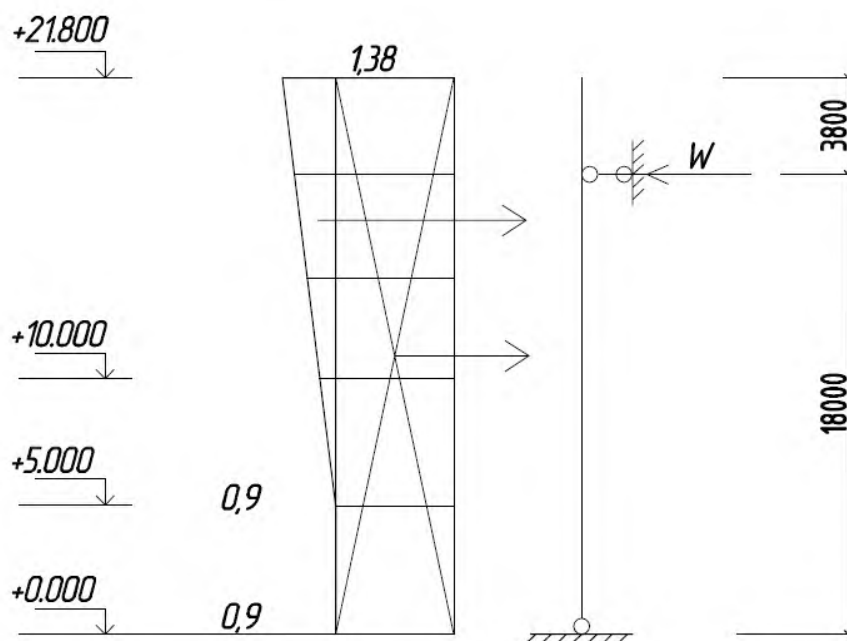


Рисунок 2.9 До визначення опорної реакції фахверкового стояка.

Верхня опорна реакція W стояка може бути знайдена з рівняння, яке складене з умови рівності нулю моментів відносно точки закріплення стояка на фундаменті:

$$W \cdot 18 - q_0 \cdot C_{aer} \cdot \left(0,9 \cdot 21,8 \cdot 10 + (1,38 - 0,9) \cdot \frac{16,8}{2} \cdot 16,8 \right) = 0 \quad (3.25)$$

$$W \cdot 18 - q_0 \cdot C_{aer} \cdot 263,93 = 0 \quad (3.26)$$

Тут

$$q_0 = W_0 \cdot \frac{B}{2} \cdot \gamma_{fm} \cdot \gamma_n \quad (3.27)$$

$$q_0 = 0,46 \cdot \frac{12}{2} \cdot 1 \cdot 0,95 = 2,62 \text{ кН/м}$$

$$W = \frac{q_0 \cdot C_{aer} \cdot 263,93}{18} = 38,4 \cdot C_{aer} \quad (3.28)$$

Незначною різницею між висотою прикладення вітрового навантаження та фактичною висотою колони нехтуємо.

Тоді навантаження від опорних реакцій фахверкових стояків зліва та справа буде:

$$W_{ca} = 0,8 \cdot 38,4 = 30,72 \text{ кН.}$$

$$W_{cp} = 0,5 \cdot 38,4 = 19,2 \text{ кН.}$$

Сумарна зосереджена сила від вітрового навантаження:

$$W_a = W_{a1} + W_{c,a} \quad (3.29)$$

$$W_a = 28,56 + 30,72 = 59,28 \text{ кН.}$$

$$W_p = W_{p1} + W_{c,p} \quad (3.30)$$

$$W_p = 19,45 + 19,2 = 38,65 \text{ кН.}$$

Навантаження від вітрового тиску показане на рисунку 2.10.

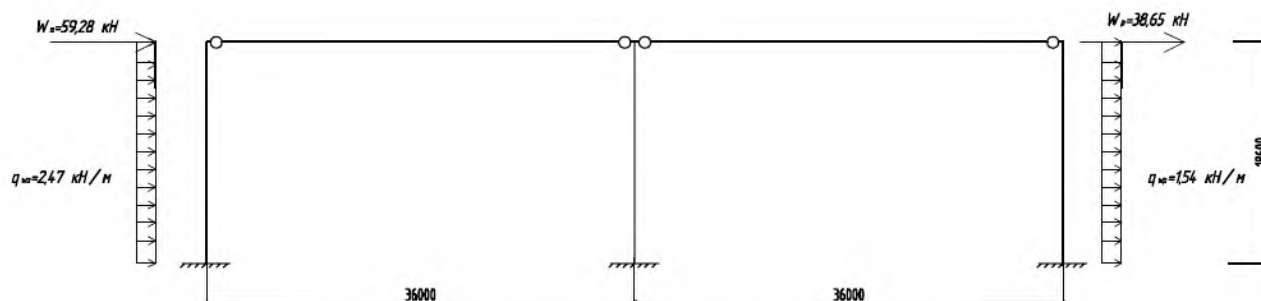


Рисунок 2.10 Схема вітрового навантаження

2.3.6 Визначення зусиль у перерізах поперечної рами

Статичний розрахунок поперечної рами виконується за формулами табл. Д.3.2 [1]. Зусилля розраховуємо для крайніх колон. Виходячи з орієнтовних жорсткісних характеристик та позначень на рисунку 3.9, обчислюємо коефіцієнт розрахункової схеми:

$$\eta = \frac{l_1}{l_2} \quad (3.31)$$

$$\eta = \frac{6420}{18600} = 0,345$$

Визначаємо співвідношення жорсткостей підкранової та над кранової частин колони та допоміжні коефіцієнти при $e_1 = 0,2$ м та $e_0 = (1,25 - 0,75)/2 = 0,25$ м:

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^2 \cdot k_1 \quad (3.32)$$

$$n = \left(\frac{1,25}{0,75}\right)^2 \cdot 1,9 = 5,27;$$

$$\alpha_2 = \frac{(n - 1) \cdot \eta^2 + 1}{n} \quad (3.33)$$

$$\alpha_2 = \frac{(5,27-1) \cdot 0,345^2 + 1}{5,27} = 0,286;$$

$$\alpha_3 = \frac{(n - 1) \cdot \eta^3 + 1}{n} \quad (3.34)$$

$$\alpha_3 = \frac{(5,27-1) \cdot 0,345^3 + 1}{5,27} = 0,223;$$

$$\alpha_4 = \frac{(n - 1) \cdot \eta^4 + 1}{n} \quad (3.35)$$

$$\alpha_4 = \frac{(5,27-1) \cdot 0,345^4 + 1}{5,27} = 0,201;$$

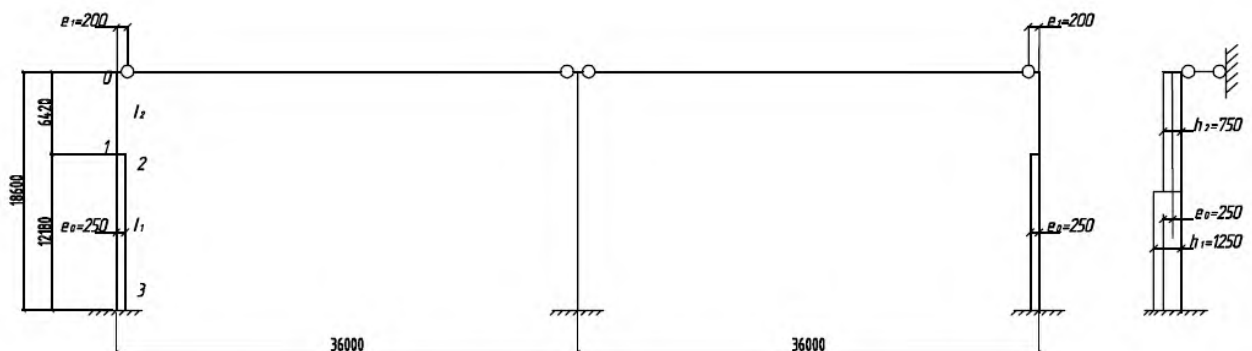


Рисунок 2.11 Розрахункова схема рами.

2.3.6.1 Навантаження від власної ваги конструкцій

$$X = -\frac{Q_r}{H} \cdot \frac{3}{2 \cdot \alpha_3} \cdot [e_1 \cdot \alpha_2 - e_0 \cdot (\alpha_2 - \eta^2)] \quad (3.36)$$

$$X = -\frac{239,76}{18,6} \cdot \frac{3}{2 \cdot 0,223} \cdot [0,2 \cdot 0,286 - 0,25 \cdot (0,286 - 0,345^2)] = -1,343 \text{ кН};$$

$$M_0 = -239,76 \cdot 0,2 = -47,95 \text{ кНм};$$

$$M_1 = 1,343 \cdot 6,42 - 47,95 = -38,77 \text{ кНм};$$

$$M_2 = -41,23 + (239,76 + 56,5) \cdot 0,25 = 32,83 \text{ кНм};$$

$$M_3 = 1,343 \cdot 18,6 - 47,952 + 74,06 = 51,08 \text{ кНм};$$

$$N_0 = -239,76 - 56,5 = -296,26 \text{ кН};$$

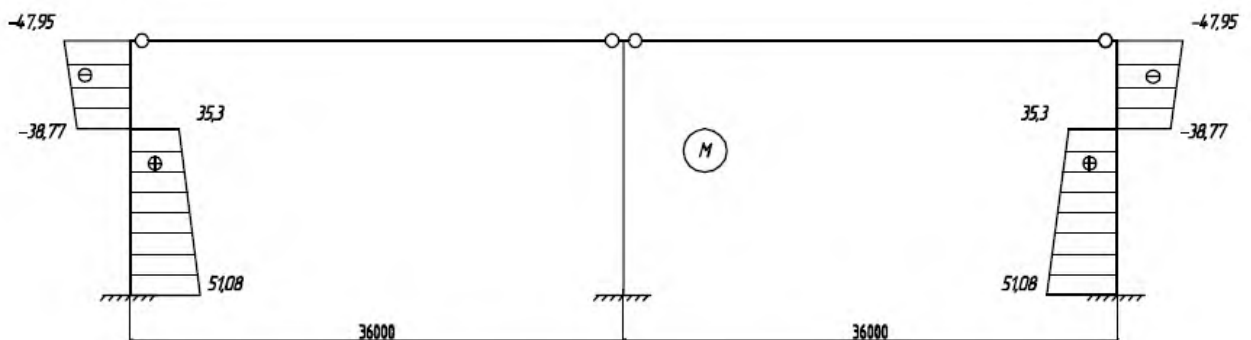
$$N_1 = N_0 = -239,76 - 56,5 = -296,26 \text{ кН};$$

$$N_2 = -296,26 - 160,37 = 456,63 \text{ кН};$$

$$N_3 = N_2 = -296,26 - 160,37 = 456,63 \text{ кН};$$

$$Q_0 = -1,343 \text{ кН};$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = -1,343 \text{ кН};$$



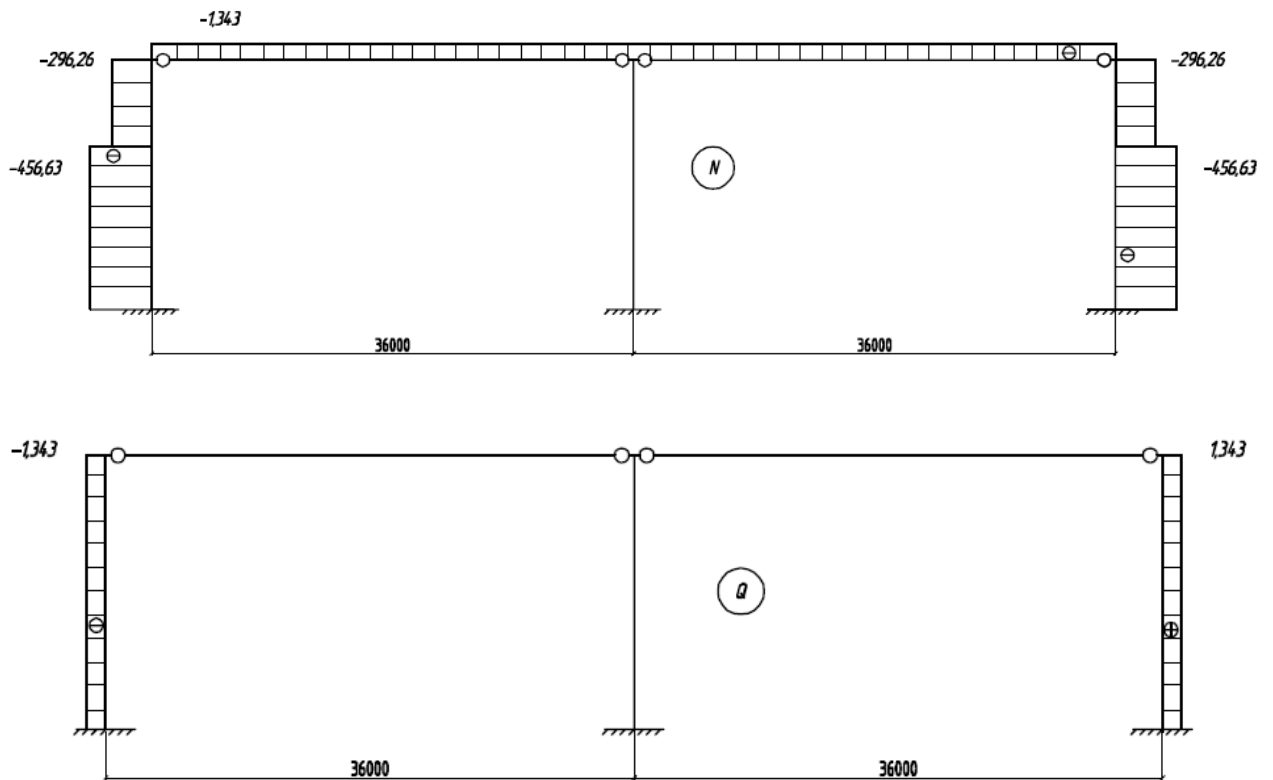


Рисунок 2.12 Епюри зусиль від постійного навантаження

2.3.6.2 Снігове навантаження

$$X = -\frac{Q_s}{H} \cdot \frac{3}{2 \cdot \alpha_3} \cdot [e_1 \cdot \alpha_2 - e_0 \cdot (\alpha_2 - \eta^2)] \quad (3.37)$$

$$X = -\frac{144,36}{18,6} \cdot \frac{3}{2 \cdot 0,223} \cdot [0,2 \cdot 0,286 - 0,25 \cdot (0,286 - 0,345^2)] = -0,809 \text{ кН};$$

$$M_0 = -144,36 \cdot 0,2 = -28,87 \text{ кНм};$$

$$M_1 = 0,809 \cdot 6,42 - 28,87 = -23,67 \text{ кНм};$$

$$M_2 = -23,67 + 144,36 \cdot 0,25 = 12,42 \text{ кНм};$$

$$M_3 = 0,809 \cdot 18,6 - 28,87 + 144,36 \cdot 0,25 = 22,26 \text{ кНм};$$

$$N = -144,36 \text{ кН.}$$

$$Q = -0,809 \text{ кН.}$$

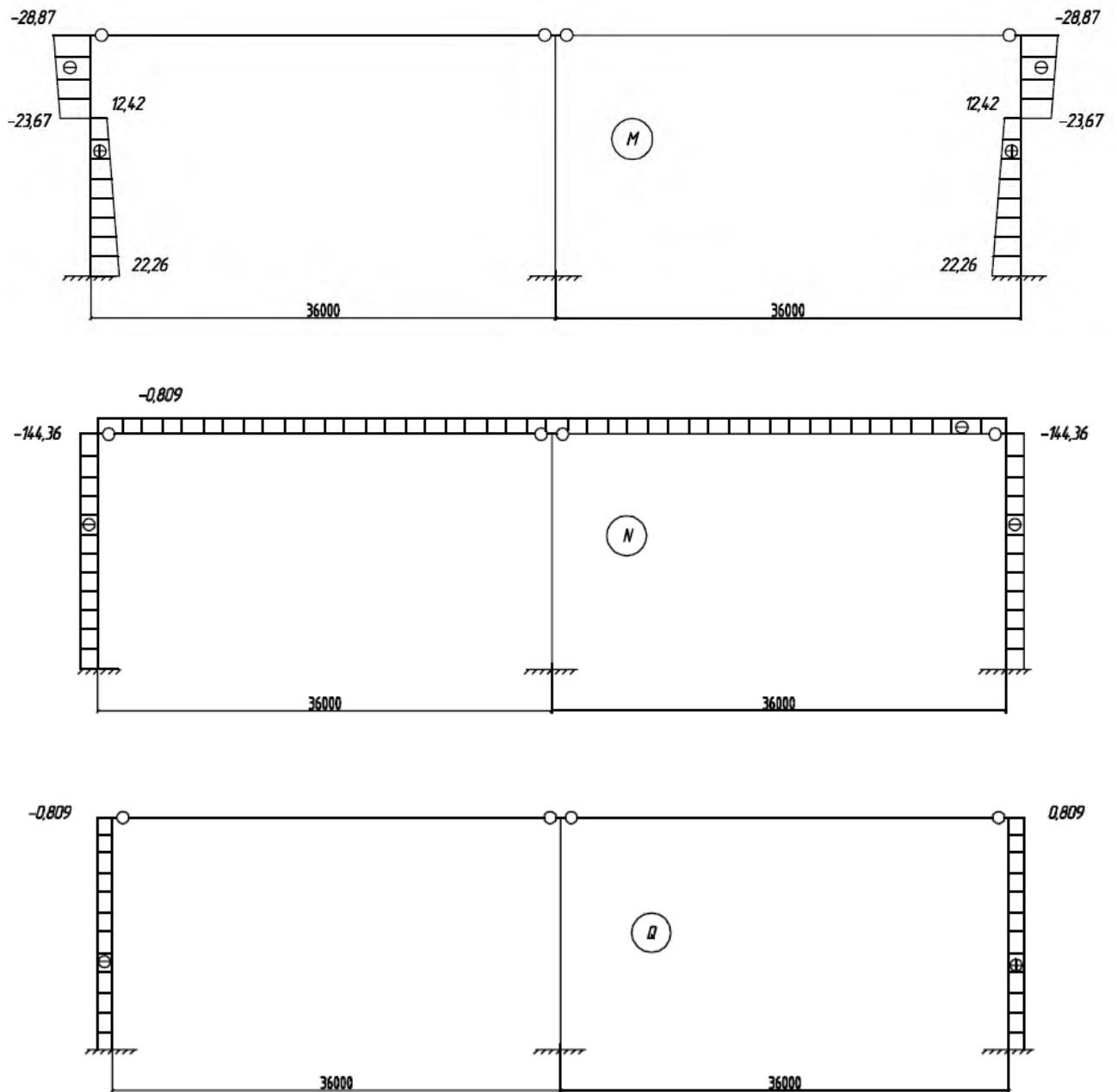


Рисунок 2.13 Епюри зусиль від снігового навантаження

2.3.6.3 Вертикальне кранове навантаження

$$e_1 = \frac{M_{min}}{M_{max}} \quad (3.38)$$

$$e_1 = \frac{350,12}{1215,31} = 0,29$$

$$X = -\frac{M_{max}}{H} \cdot \frac{3 \cdot (\alpha_2 - \eta^2)}{4 \cdot \alpha_3} \cdot (1 + e_1) \quad (3.39)$$

$$X = -\frac{1215,31}{18,6} \cdot \frac{3 \cdot (0,286 - 0,345^2)}{4 \cdot 0,223} \cdot (1 + 0,29) = -47,236 \text{ кН};$$

Зусилля при D_{max} на лівій колоні:

$$M_1 = 47,236 \cdot 6,42 = 303,25 \text{ кНм};$$

$$M_2 = 303,25 - 1215,31 = -912,06 \text{ кНм};$$

$$M_3 = 47,236 \cdot 18,6 - 1215,31 = 336,72 \text{ кНм};$$

$$N_{2-3} = -1944,5 \text{ кН};$$

$$Q = -47,236 \text{ кН}.$$

Зусилля при D_{min} на правій колоні:

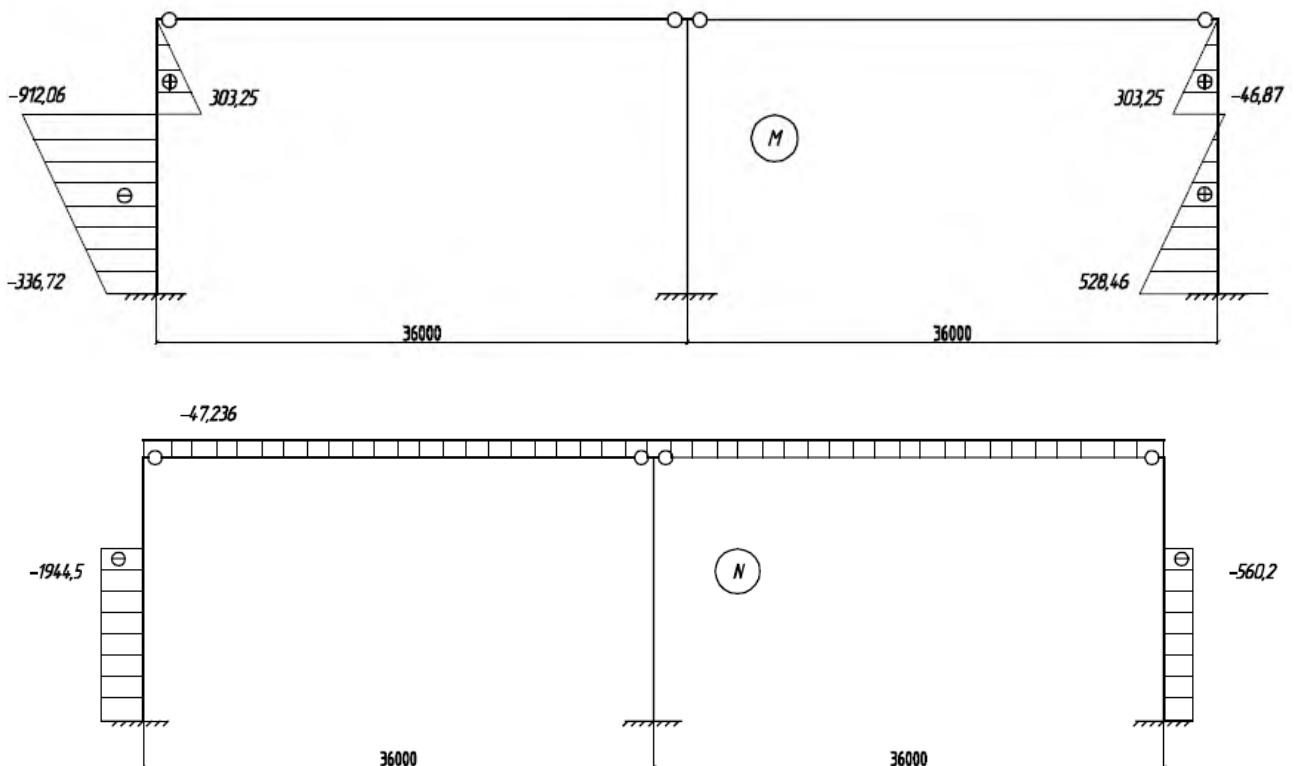
$$M_1 = 47,236 \cdot 6,42 = 303,25 \text{ кНм};$$

$$M_2 = 303,25 - 350,12 = -46,87 \text{ кНм};$$

$$M_3 = 47,236 \cdot 18,6 - 350,12 = 528,46 \text{ кНм};$$

$$N_{2-3} = -560,2 \text{ кН};$$

$$Q = -47,236 \text{ кН}.$$



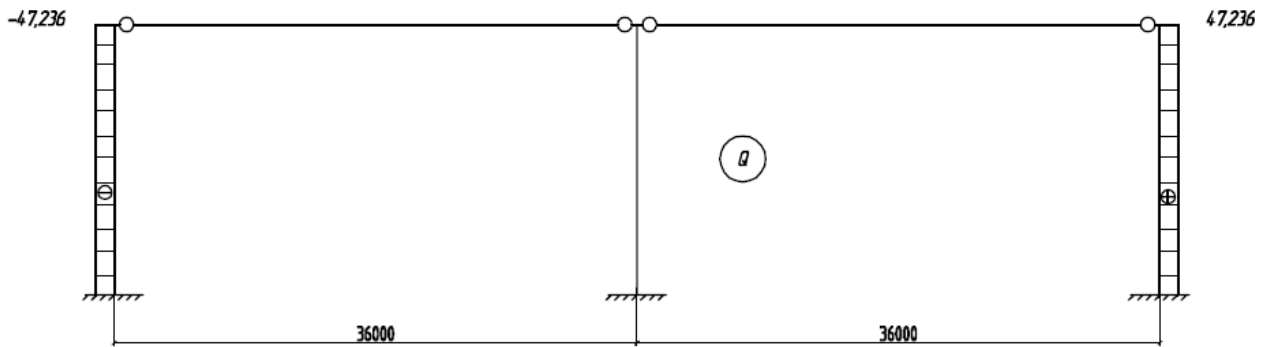


Рисунок 2.14 Епюри зусиль від вертикального кранового навантаження

2.3.6.4 Горизонтальне кранове навантаження

$$\psi = \frac{6,42 - 1,65}{18,6} = 0,256$$

Навантаження в подальшому розрахунку будуть враховуватися зі знаками “±”, епюри побудовані лише для напрямку навантаження, показаного на рисунку 2.4.

$$X = -\frac{(H_{max} - H_{min})}{2} \cdot \left[1 - \frac{\psi}{2 \cdot \alpha_3} \cdot (3 \cdot \alpha_2 - \psi^2) \right] \quad (3.40)$$

$$X = -\frac{(96,49 - 16,68)}{2} \cdot \left[1 - \frac{0,256}{2 \cdot 0,223} \cdot (3 \cdot 0,286 - 0,256^2) \right] =$$

$$= -39,905 \cdot [1 - 0,454] = -21,78 \text{ кН.}$$

Зусилля при H_{max} на лівій колоні:

$$M_H = 21,78 \cdot 4,77 = 103,89 \text{ кНм;}$$

$$M_1 = 21,78 \cdot 6,42 - 96,49 \cdot 1,65 = -19,38 \text{ кНм;}$$

$$M_2 = M_1 = -19,38 \text{ кНм;}$$

$$M_3 = 21,78 \cdot 18,6 - 96,49 \cdot 13,83 = -929,34 \text{ кНм;}$$

$$N = 0;$$

$$Q_{0-H} = -21,78 \text{ кН};$$

$$Q_{H-3} = -21,78 + 96,49 = 74,71 \text{ кН}.$$

Зусилля при H_{\min} на правій колоні:

$$M_H = 21,78 \cdot 4,77 = 103,89 \text{ кНм};$$

$$M_1 = 21,78 \cdot 6,42 - 16,68 \cdot 1,65 = 167,34 \text{ кНм};$$

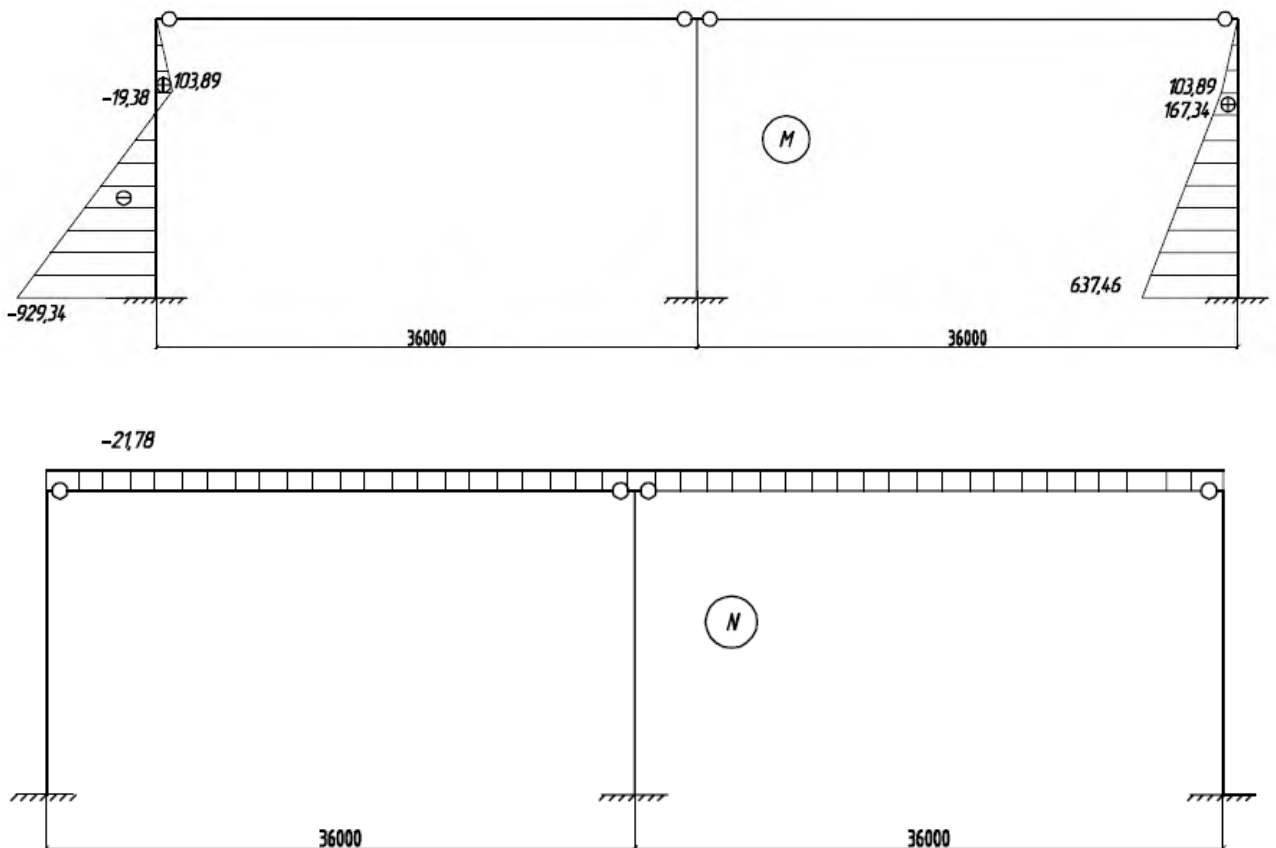
$$M_2 = M_1 = 21,78 \cdot 6,42 + 16,68 \cdot 1,65 = 167,34 \text{ кНм};$$

$$M_3 = 21,78 \cdot 18,6 + 16,68 \cdot 13,83 = 637,46 \text{ кНм};$$

$$N = 0;$$

$$Q_{0-H} = +21,78 \text{ кН};$$

$$Q_{H-3} = +21,78 + 16,68 = 38,46 \text{ кН}.$$



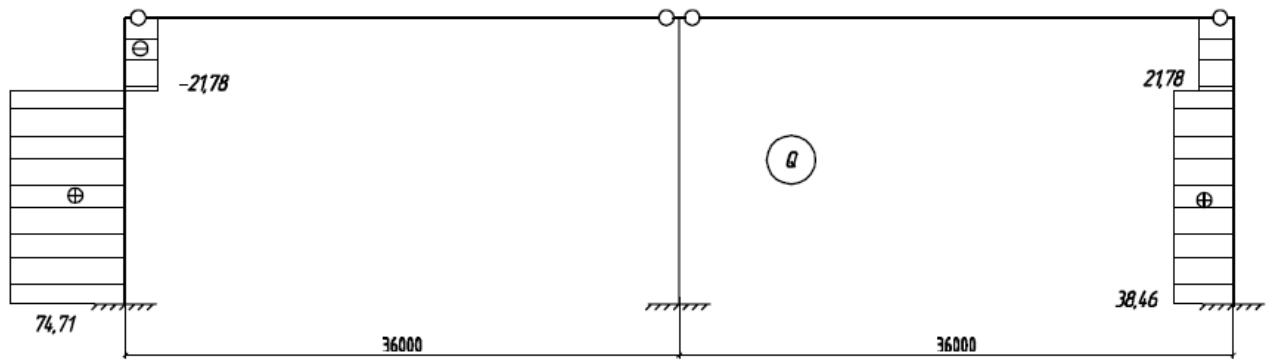


Рисунок 2.15. Епюри зусиль від горизонтального кранового навантаження

2.3.6.4 Вітрове навантаження при дії вітру зліва

$$\varepsilon_2 = \frac{q_{w,p}}{q_{w,a}} \quad (3.40)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1,54}{2,47} = 0,623;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{W_p}{W_a} \quad (3.41)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{38,65}{59,28} = 0,651;$$

$$X_q = q_{wa} \cdot H \cdot \frac{3}{16} \cdot \frac{\alpha_4}{\alpha_3} \cdot (1 - \varepsilon_2) \quad (3.42)$$

$$X_q = -2,47 \cdot 18,6 \cdot \frac{3}{16} \cdot \frac{0,201}{0,223} \cdot (1 - 0,623) = -2,92 \text{ кН};$$

$$X_w = -\frac{W_a}{2} \cdot (1 - \varepsilon_3) \quad (3.43)$$

$$X_w = -\frac{59,28}{2} \cdot (1 - 0,651) = -10,34 \text{ кН}.$$

$$X = X_q + X_w = -2,92 - 10,34 = -13,26 \text{ кН.}$$

Зусилля на лівій колоні:

$$M_1 = M_2 = (13,26 - 59,28) \cdot 6,42 - 2,47 \cdot 6,42^2/2 = -346,35 \text{ кНм;}$$

$$M_3 = (13,26 - 59,28) \cdot 18,6 - 2,47 \cdot 18,6^2/2 = -1283,23 \text{ кНм;}$$

$$Q_0 = -13,26 + 59,28 = 46,02 \text{ кН;}$$

$$Q_3 = 46,02 + 2,47 \cdot 18,6 = 91,96 \text{ кН.}$$

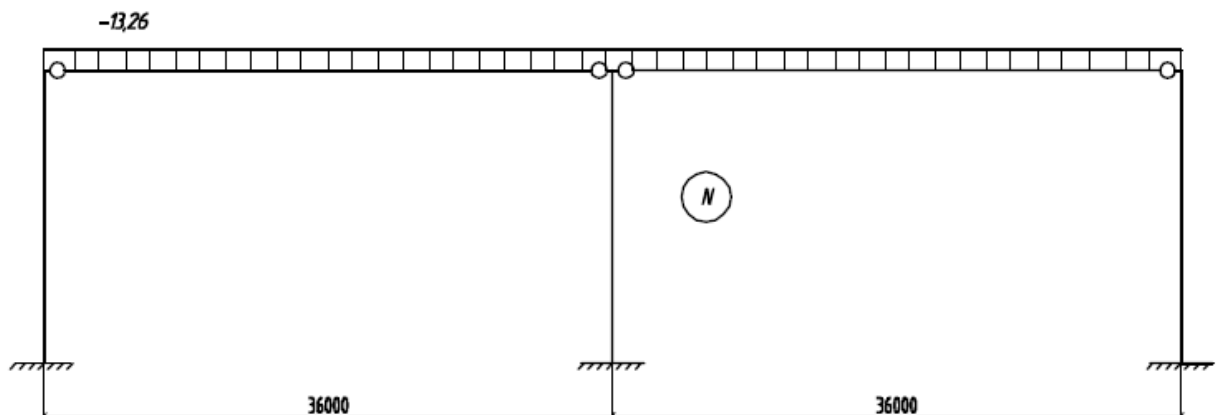
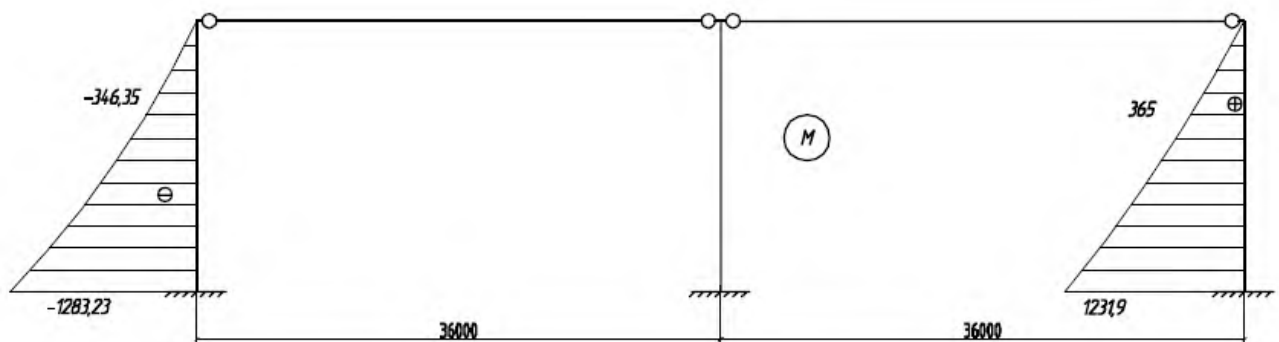
Зусилля на правій колоні:

$$M_1 = M_2 = (13,26 + 38,65) \cdot 6,42 + 1,54 \cdot 6,42^2/2 = 365 \text{ кНм;}$$

$$M_3 = (13,26 + 38,65) \cdot 18,6 + 1,54 \cdot 18,6^2/2 = 1231,9 \text{ кНм;}$$

$$Q_0 = -13,26 + 38,65 = 25,39 \text{ кН;}$$

$$Q_3 = 25,39 + 1,54 \cdot 18,6 = 54,03 \text{ кН.}$$



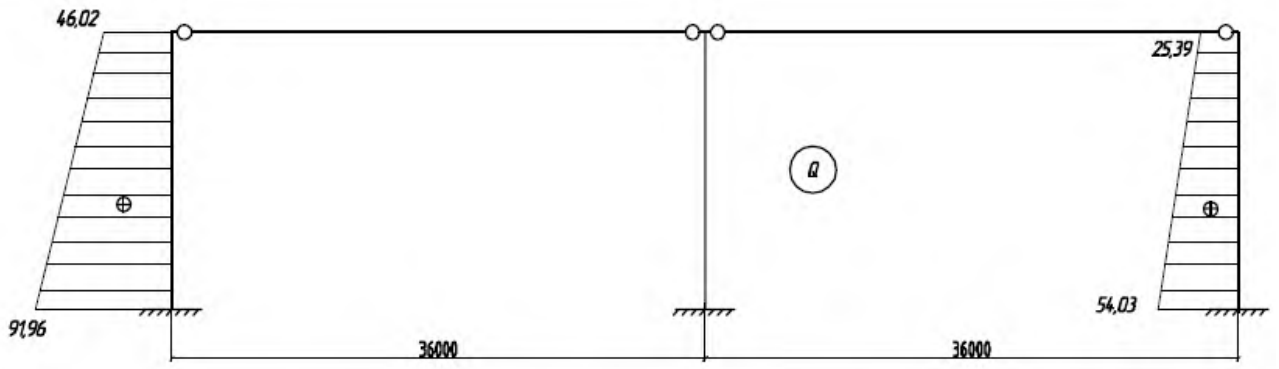


Рисунок 2.16 Елюри зусиль від вітрового навантаження

2.4. Розрахунок ступінчатої колони виробничої будівлі

2.4.1 Визначення розрахункових довжин

Для нижньої і верхньої частин у площині рами вони такі:

$l_{ef,1} = \mu_1 \cdot l_1$, і $l_{ef,2} = \mu_2 \cdot l_2$, де $l_1 = 12,18$ м; $l_2 = 6,42$ м – довжини відповідно нижньої і верхньої частин колони, μ_1 , μ_2 - коефіцієнт розрахункової довжини відповідної частини колони.

При найбільшій поздовжній силі в підкрановій частині $N_1 = - 2401,13$ кН (навантаження 1,3,6) та відповідно до цієї комбінації поздовжній силі в надкрановій частині визначаємо:

$$N_2 = - (296,26 + 144,36) = - 440,62 \text{ кН};$$

відношення навантажень за формулою :

$$\beta = \frac{N_1}{N_2} = \frac{2401,13}{440,62} = 5,45$$

Колона однопролітної рами при шарнірному спряженні з ригелем вважається такою, що має верхній кінець, вільний від усіляких закріплень. Тому визначаємо значення коефіцієнтів μ_1 та μ_2 :

при відношеннях $l_2/l_1 = 6,42/12,18 = 0,52 < 0,6$ і $\beta = N_1/N_2 = 5,45 > 3$, а також $I_2/I_1 = 1/5,27 = 0,18$ маємо $\mu_1 = 2,5$; $\mu_2 = 3,0$.

Таким чином, розрахункові довжини в площині рами становлять:

$$l_{ef,2} = \mu_2 \cdot l_2 = 3 \cdot 6,42 = 19,26 \text{ м}; \quad l_{ef,1} = \mu_1 \cdot l_1 = 2,5 \cdot 12,18 = 30,45 \text{ м}.$$

Розрахункові довжини із площини рами приймаємо такими, що дорівнюють геометричним відстаням між точками закріплення колони в'язями:

- для підкранової ділянки : $l_{ef,y1} = l_1 = 12,18$ м;
- для надкранової ділянки: $l_{ef,y2} = l_2 - h_{bc} = 6,42 - 1,65 = 4,77$ м.

2.4.2 Підбір перерізу надкранової частини колони

Надкранову частину колони приймаємо у вигляді симетричного складеного двотавра з висотою перерізу 750 мм.

Розрахункові зусилля для перерізу 1-1 розрахункових сполучень зусиль:

$M = 691,95$ кНм - при розрахунковій комбінації зусиль (1 + 2 + 3 + 6 + 8);

$N = -426,18$ кН.

Розрахункова комбінація $M = 399,65$ кНм та $N = -144,7$ кН навіть при більшому значенні M суттєво програє у значеннях N , тому до розрахунку не приймається, однак може бути перевірена як додаткова після підбору перерізу.

Таблиця 2.5 Розрахункові сполучення зусиль у перерізах лівої колони рами від діючих навантажень M , кНм; N та Q , кН

№	Навантаження, сполучення	Переріз 1-1		Переріз 2-2		Переріз 3-3			
		M	N	M	N	M	N	Q	
1	Постійне	-38,77	-296,26	+35,3	-456,63	+51,08	-456,63	-1,343	
2	Снігове	-23,67	-144,36	+12,42	-144,36	+22,26	-144,36	-0,809	
3	D_{\max} зліва	+303,25	0	-912,06	-1944,5	-336,72	-1944,5	-47,236	
4	D_{\max} справа	+303,25	0	-46,87	-560,2	+528,46	-560,2	-47,236	
5	$\pm H_{\max}$ зліва	$\pm 19,38$	0	$\pm 19,38$	0	$\pm 929,34$	0	$\pm 74,71$	
6	$\pm H_{\max}$ справа	$\pm 167,34$	0	$\pm 167,34$	0	$\pm 637,46$	0	$\pm 38,46$	
7	Вітрове зліва	-346,35	0	-346,35	0	-1283,23	0	+91,96	
8	Вітр. справа	+365	0	365	0	+1231,9	0	-54,03	
ОСНОВНІ СПОЛУЧЕННЯ	$+M_{\max}$	№	1+3+6		1+8		1+8		
		1	+431,82	-296,26	+400,3	-456,63	+1282,98	-456,63	
	$N_{\text{відп}}$	№	1+0,9(3+6+8)		1+0,9(2+4+6+8)		1+0,9(2+4+5+8)		
		0,9	+713,26	-296,26	+483,4	-1090,73	+2491,84	-1090,73	
$-M_{\max}$	№	1+7		1+(3+6)		1+7			

$N_{\text{відп}}$		1	-385,12	-296,26	-1044,1	-	-1232,15	-456,63
	№		1+0,9	2+7)	1+0,9(3	+6+7)	1+0,9(3+5+7)	
		0,9	-371,78	-426,18	-1318,47	-	-2243,28	-2206,68
N_{max} $+M_{\text{відп}}$	№		1+2		1+(4	+6)	1+(3+5)	
		1	-62,44	-440,62	+155,77	-	+643,7	-2401,13
	№		1+0,9(2+3+6+8)		1+0,9(2+4+6+8)		1+0,9(2+3+5+8)	
		0,9	+691,95	-426,18	+483,4	-	+1713,18	-2336,6
N_{max} $-M_{\text{відп}}$	№		1+2		1+(3+6)		1+(3	+5)
		1	-62,44	-440,62	-1044,1	-	-1214,98	-
	№		1+0,9(2+7)		1+0,9(2+3+6+7)		1+0,9(2+3+5+7)	
		0,9	-371,28	-426,18	-1236,7	-2336,6	-2223,24	-2336,6
N_{min} $+M_{\text{відп}}$	№		Зусилля M і N постійного навантаження враховані з коефіцієнтом $0,9/1,1 = 0,82$				0,82(1)+8	
		1					+1273,78	-374,43
N_{min} $-M_{\text{відп}}$	№						0,82(1 }+7	
		1					-1241,34	-374,43
Q_{max}	№						1+0,9(2+3+5+8)	
		0,9						
								-160,45

Для визначення необхідної площі перерізу потрібно обчислити такі величини:

- радіус інерції $i_x \approx 0,42 \cdot h_2 = 0,42 \cdot 75 = 31,5$ см;

- ядрова відстань $\rho_x = W_x / A \approx 0,35 \cdot h_2 = 0,35 \cdot 75 = 26,25$ см;

- умовна гнучкість $\bar{\lambda}_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{l_{ef.2}}{i_x} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{1926}{31,5} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,1$

- відносний ексцентриситет $m = e \cdot \frac{A}{W_c} = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{\rho_x} = \frac{69195}{426,18} \cdot \frac{1}{26,25} = 6,1$;

- коефіцієнт впливу форми перерізу при $0 < \bar{\lambda} < 5$ та $A_f / A_w = 0,5$ буде: $\eta = 1,25$;

- зведений відносний ексцентриситет $m_{ef} = m \cdot \eta = 6,1 \cdot 1,25 = 7,625 < 20$;

- коефіцієнту $\varphi_e = 0,161$ при $\bar{\lambda}_x = 2,1$ та $m_{ef} = 7,625$;

Необхідна площа перерізу становить:

$$A_{cal} = \frac{N}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{420,18}{0,155 \cdot 24} = 120$$

Де $R_y \cdot \gamma_c = 240 \cdot 1,0$ МПа = $24 \text{ кН} / \text{см}^2$

Приймаємо попередньо товщину полиць 20 мм, тоді висота стінки буде $h_w = 75 - 2 \cdot 2 = 71$ см.

Для забезпечення місцевої стійкості стінки її умовна гнучкість не повинна перевищувати граничних значень $\bar{\lambda}_{uw}$. При $m = 6,1 > 1,0$ і $\bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda}_x = 2,1 > 2,0$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35 \cdot 2,1 = 1,935.$$

Мінімально необхідна товщина стінки за умови забезпечення місцевої стійкості становитиме:

$$t_w = \frac{71}{1,935} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 1,19$$

Приймаємо за сортаментом стінку товщиною $t_w = 12$ мм. Площа стінки буде $A_w = t_w \cdot h_w = 1,2 \cdot 71 = 85,2 \text{ см}^2$, а необхідна площа полиці

$$A_f = 0,5(A - A_w) = 0,5 \cdot (120 - 85,2) = 6,9 \text{ см}^2.$$

Для забезпечення місцевої стійкості полиці граничне відношення ширини звису до товщини становить:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq (0,36 + 0,1 \cdot \bar{\lambda}_x) \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,36 + 0,1 \cdot 2,1 \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{240}} = 16,69.$$

Зважаючи на те, що $A_f \approx 2 \cdot b_{ef} \cdot t_f$, товщина полиць повинна бути не меншою, ніж

$$t_f = \sqrt{\frac{6,9}{2 \cdot 16,69}} = 0,45 \text{ см.}$$

Остаточно полиці і стінку приймаємо із широкоштабової універсальної сталі (ГОСТ 82-70*): полиці з листа – 300 x 20 мм , а стінку з листа - 710 x 12 мм .

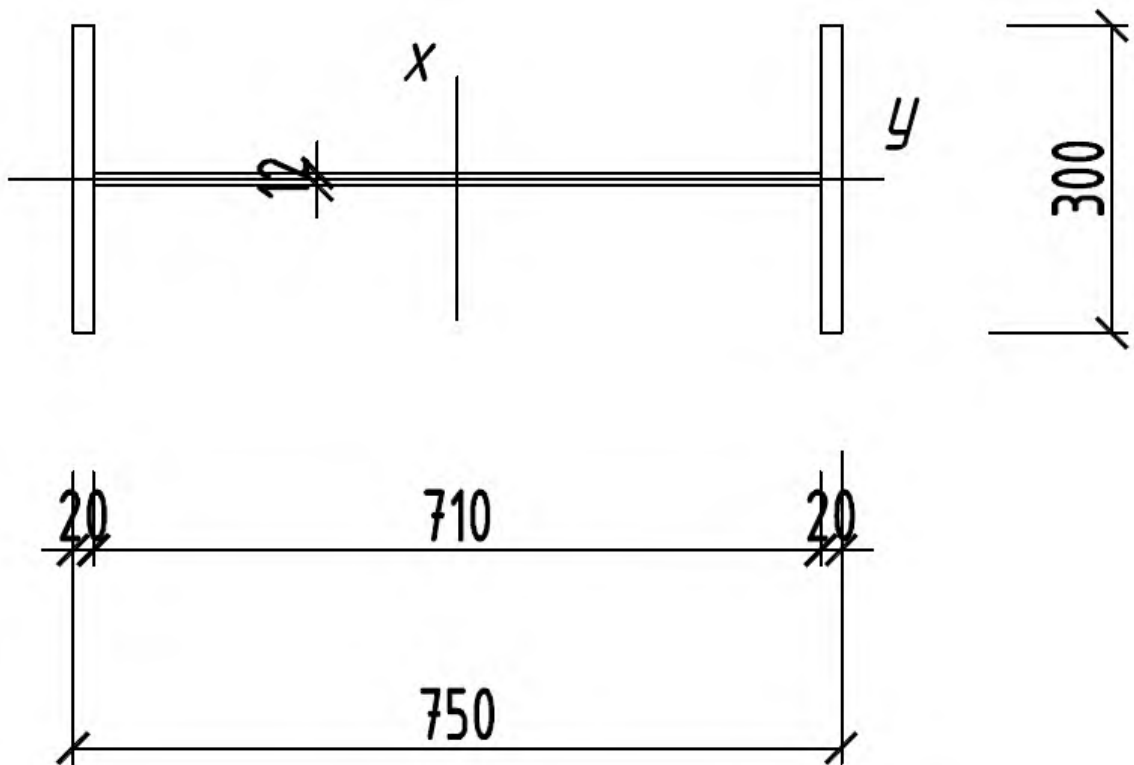


Рисунок 2.17. Поперечний переріз надкранової частини колон

Геометричні характеристики прийнятого перерізу:

$$A = 1,2 \cdot 71 + 2 \cdot 2 \cdot 30 = 205,2 \text{ см}^2;$$

$$I_x = \frac{1,2 \cdot 71^3}{12} + 2 \cdot 2 \cdot 30 \cdot \left(\frac{71 + 2}{2} \right)^2 = 35791,1 + 159870 = 195661,1 \text{ см}^4;$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{2 \cdot 30^2}{12} = 9000 \text{ см}^3;$$

$$W_c = W_x = \frac{I_x \cdot 2}{h} = \frac{195661,1 \cdot 2}{75} = 5217,6 \text{ см}^3;$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{195661,1}{205,2}} = 30,87 \text{ см};$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{9000}{309,2}} = 5,39 \text{ см};$$

Для подальшого виконання перевірки стійкості надкранової частини колони в площині дії моменту обчислюємо уточнені значення:

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{l_{ef,2}}{i_x} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{1926}{30,87} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,12$$

$$m_x = \frac{M}{N} \cdot \frac{A}{W_c} = \frac{68198}{425,28} \cdot \frac{205,2}{5217,6} = 6,3;$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{30 \cdot 2}{71 \cdot 1,2} = 0,7$$

При $A_f / A_w = 0,7$:

η – з таблиць, методом лінійної інтерполяції = 1,3.

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x = 1,3 \cdot 6,3 = 8,19$$

За значеннями m_{ef} і $\bar{\lambda}_x$ з таблиць знаходимо $\varphi_e = 0,153$.

Гранична гнучкість стінки:

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,2 + 0,35 \cdot 2,12 = 1,942 > \bar{\lambda}_w = \frac{71}{12} \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,2.$$

Перевірка загальної стійкості надкранової частини колони в площині дії моменту :

$$\frac{N}{A\varphi_e} = \frac{426,18}{205,2 \cdot 0,153} = 13,6 \text{ кН / см}^2 = 136 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 240 \text{ МПа}$$

тобто загальна стійкість забезпечена.

Перевірку загальної стійкості надкранової частини колони із площини дії моменту виконуємо, знаходячи такі величини:

$$\text{-гнучкість стержня } \lambda_y = \frac{l_{ef,y2}}{i_y} = \frac{477}{5,39} = 88,5;$$

-з таблиць за значеннями λ_y і R коефіцієнт поздовжнього згину $\varphi_e = 0,62$

-відносний ексцентриситет при дії моменту M_x у межах середньої третини розрахункової довжини колони ($l_{ef,y2} = 4,77$ м від рівня гальмівної балки до нижнього поясу ферми) при розрахунковій комбінації зусиль (1+2 + 3 + 6 + 8).

$M_0 = -47,95 - 0,9 \cdot 28,87 = -73,93$ кНм (див. епюри зусиль від постійного та снігового навантаження).

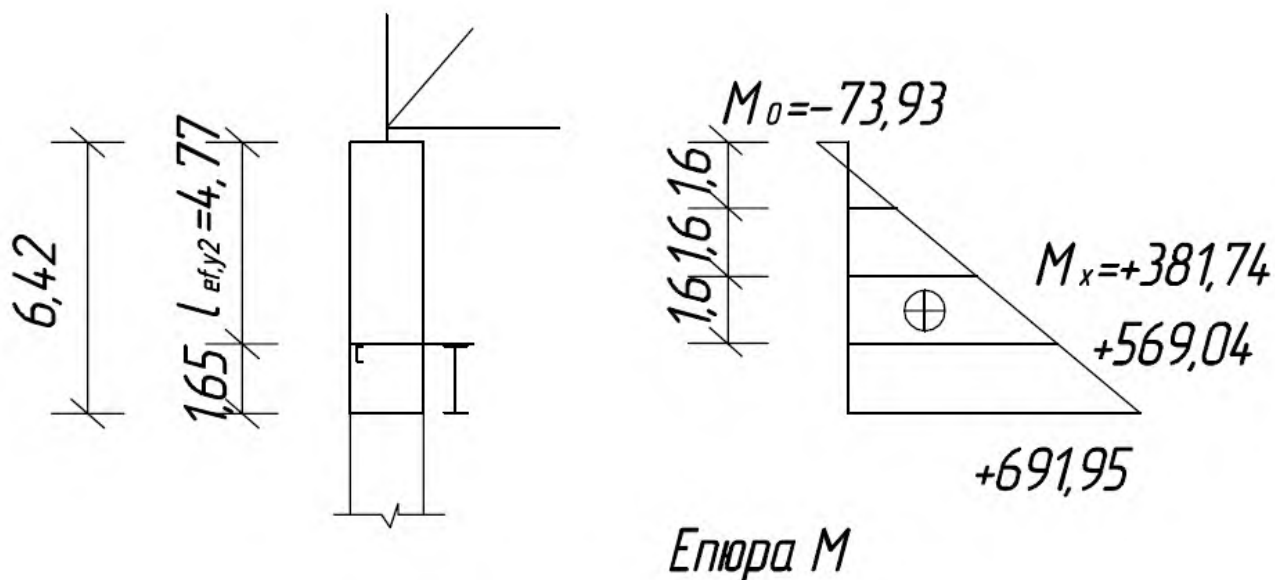


Рисунок 2.18. До перевірки загальної стійкості над кранової частини колони із площини дії моменту

$$M_x = +381,74 \text{ кНм} > 0,5 \cdot 569,04 = 284,52 \text{ кНм}$$

$$m_x = \frac{M_x}{N} \cdot \frac{A}{W_c} = \frac{38174}{426,18} \cdot \frac{205,2}{5217,6} = 3,52 < 5;$$

коефіцієнти за табл. 15.2 додатків:

при $1 < m_x < 5$ $\alpha = 0,65 + 0,05 \cdot 3,52 = 0,826$,

при $\lambda_y = \frac{477}{5,39} = 88,49 < \lambda_c = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 92$ $\beta = 1$;

коефіцієнт за формулою (15.17):

при $m_x < 5$ $c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot m_x} = \frac{1}{1 + 0,826 \cdot 3,52} = 0,25$

Перевірка стійкості із площини дії моменту:

$$\frac{N}{c\varphi_y A} = \frac{426,18}{0,25 \cdot 0,62 \cdot 205,2} = 13,4 \text{ кН} / \text{см}^2 = 134 \text{ МПа} < R_y \gamma_c = 240 \text{ МПа}$$

тобто загальна стійкість надкранової частини колони із площини дії моменту забезпечена.

Оскільки $m_{ef} = 8,19 < 20$, перевірка міцності надкранової частини не потрібна.

4) Місцева стійкість стінки при обох формах втрати загальної стійкості забезпечена виконанням умови (15.27) з урахуванням табл. 15.3 додатків:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{71}{12} \cdot \sqrt{\frac{240}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,2 < \bar{\lambda}_{uw} = 1,942$$

2.4.3 Підбір перерізу нижньої частини колони

Переріз підкранової частини колони приймаємо наскрізним, що складається з двох віток: підкранової і зовнішньої, з'єднаних у двох площинах решіткою. Підкранову вітку приймають у вигляді зварного двотаврового перерізу, а зовнішню – у вигляді складеного швелера – з листа і двох кутників. Матеріал колони – сталь 18Гпс. Для визначення зусилля у вітках колони обчислюємо попередньо ординати нейтральної осі наскрізної колони:

$$y_2 = \frac{h_0}{2} - 0,5 \left(\frac{M_2}{N_2} - \frac{M_1}{N_1} \right) = \frac{121}{2} - 0,5 \left(\frac{222324}{2336,6} - \frac{131847}{2206,68} \right) = 42,8 \text{ см}$$

де: $h_0 = h - z_0 = 125 - 4 = 121 \text{ см}$ ($z_0 = 3...4 \text{ см}$ - відстань від зовнішньої грані віти, до її осі).

$$y_1 = h_0 - y_2 = 121 - 42,8 = 78,2 \text{ см}$$

Знаходимо зусилля у вітках колони:

-підкрановій:

$$N_{b1} = \frac{N_1}{h_0} \cdot y_2 + \frac{M_1}{h_0} = \frac{2206,68}{121} \cdot 42,8 + \frac{131847}{121} = 1870,18 \text{ кН}$$

-зовнішній:

$$N_{b2} = \frac{N_2}{h_0} \cdot y_1 + \frac{M_2}{h_0} = \frac{2336,6}{121} \cdot 78,2 + \frac{222324}{121} = 3347,48 \text{ кН}$$

Знаходимо орієнтовно необхідні площі перерізів віток:

-підкранова:

$$A_{b1} = \frac{N_{b1}}{(0,9...0,7)R_y} = \frac{1870,18}{0,9 \cdot 240 \cdot (0,1)} = 86,6 \text{ см}^2;$$

-зовнішня:

$$A_{b2} = \frac{N_{b2}}{(0,9...0,7)R_y} = \frac{3347,48}{0,9 \cdot 240 \cdot (0,1)} = 155 \text{ см}^2;$$

Компонуємо перерізи віток (рисунок 2.19). Для підкранової вітки підбираємо збірний двотавр з двох листів (200x14) і листа (460x8); зовнішню вітку компонуємо з двох кутників (160x20) і листа (460x10).

Геометричні характеристики віток:

-підкранова:

$$A_{b1} = 20 \times 1,4 \times 2 + 46 \times 0,8 = 92,08 \text{ см}^2;$$

$$I_y = \frac{0,8 \cdot 46^3}{12} + 2 \left(\frac{20 \cdot 1,4^3}{12} + \left(\frac{47,4}{2} \right)^2 \cdot (20 \cdot 1,4) \right) = 37953 \text{ см}^4;$$

$$I_1 = \frac{0,8 \cdot 46^3}{12} + 2 \frac{1,4 \cdot 20^3}{12} = 8356 \text{ см}^4;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_{b1}}} = \sqrt{\frac{37953}{92,8}} = 20,2 \text{ см};$$

$$i_1 = \sqrt{\frac{I_1}{A_{b1}}} = \sqrt{\frac{8356}{92,8}} = 9,5 \text{ см};$$

-ЗОВНІШНЯ:

$$A_{b2} = 46 \times 1 + 60,4 \times 2 = 166,8 \text{ см}^2;$$

$$I_y = I_l + 2(I_{0,кym} + A_{кym} \cdot a^2) = \frac{1 \cdot 46^3}{12} + 2(1419 + 60,4 \cdot 20,1^2) = 59753,74 \text{ см}^4;$$

$$I_2 = I_l + A_l \cdot a_l^2 + 2(I_k + A_k \cdot a_k^2) = \frac{46 \cdot 1^3}{12} + (46 \cdot 1) \cdot 2,5^2 + 2(1419 + 60,4 \cdot 1,8^2) = 3520,72 \text{ см}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_{b2}}} = \sqrt{\frac{59753,74}{166,8}} = 18,92 \text{ см};$$

$$i_2 = \sqrt{\frac{I_2}{A_{b2}}} = \sqrt{\frac{3520,72}{166,8}} = 4,6 \text{ см};$$

де: $a_l = z_1 - b_l = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ см}$, $a_{кym} = 4,8 - z_1 = 4,8 - 3 = 1,8 \text{ см}$

$$z_1 = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{\sum A_i} = \frac{46 \cdot 0,5 + 2 \cdot 60,4 \cdot 4,8}{46 + 2 \cdot 60,4} = 4 \text{ см}$$

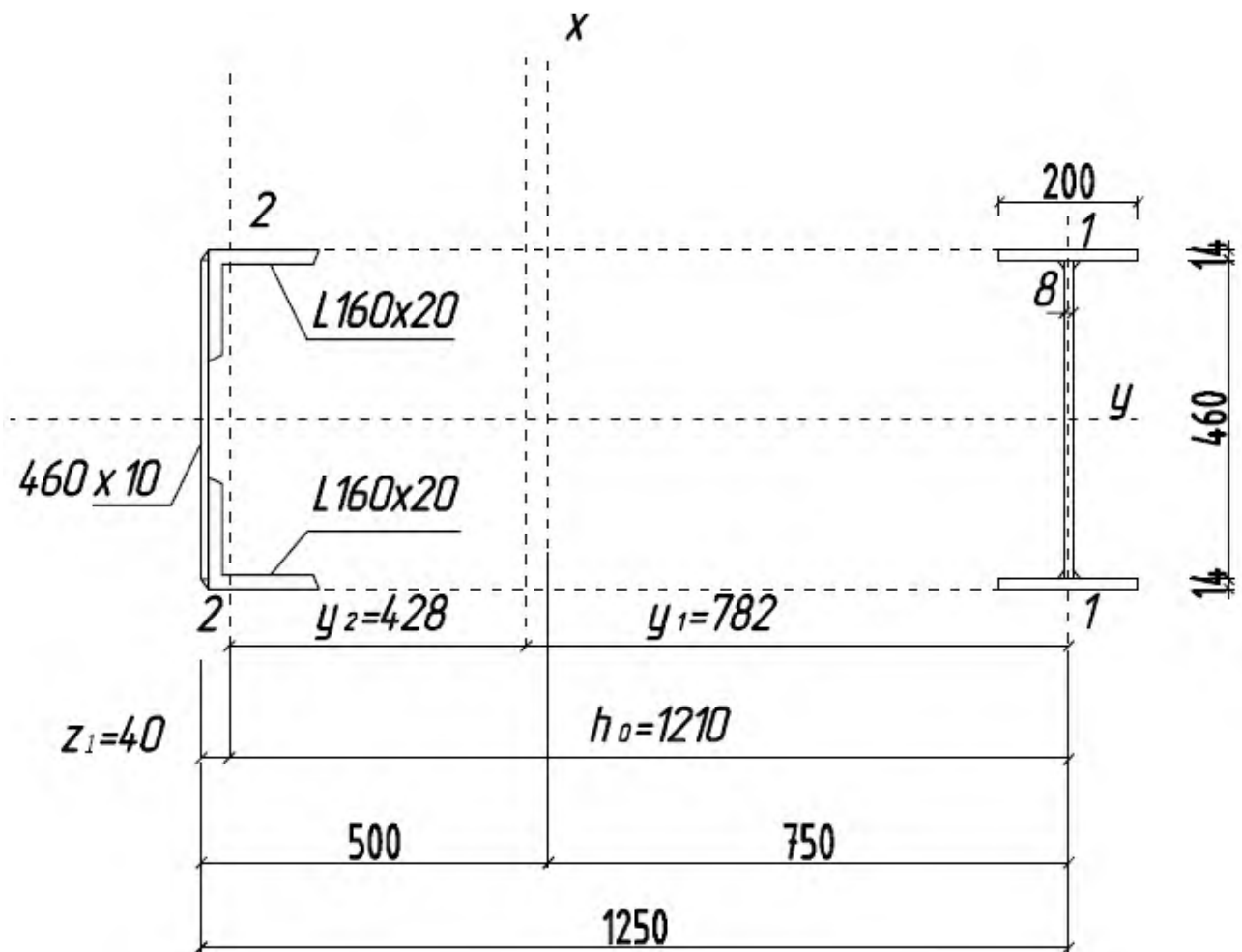


Рисунок 2.19 Переріз нижньої частини колони.

Перевіряємо стійкість віток колони з площини рами.

Зовнішня вітка:

$$l_{y2} = 1218 \text{ см};$$

$$\lambda_{y2} = \frac{1218}{18,92} = 62,37;$$

$$\varphi_y = 0,79;$$

$$\sigma_y = \frac{3347,48 \cdot 0,95 \cdot (10)}{0,79 \cdot 166,8} = 237 \text{ МПа} < R_y = 240 \text{ МПа};$$

Підкранова вітка:

$$l_{y1} = 1218 \text{ см};$$

$$\lambda_{y2} = \frac{1218}{20,2} = 60,3;$$

$$\varphi_y = 0,805;$$

$$\sigma_y = \frac{1870,18 \cdot 0,95 \cdot (10)}{0,805 \cdot 92,08} = 238 \text{ МПа} < R_y = 240 \text{ МПа};$$

2.4.4 Розрахунок решітки колони

Розрахункова поперечна сила в перерізі колони $Q_{\max} = 160,45$ кН; умовна поперечна сила (при орієнтовному значенні $\varphi_0 = 0,6$) за (15.39) додатків:

$$Q_{fic} = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 - E / R_y) N / \varphi = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 - (2,06 \cdot 10^5) / 240) \times \\ \times (2401,13 / 0,6) = 42,1 \text{ кН} < 160,45 \text{ кН}$$

Підбір перерізів решітки виконується на значення $Q_{\max} = 160,45$ кН. Довжина розкосу та його нахил відносно осі гілки (рисунок 2.20):

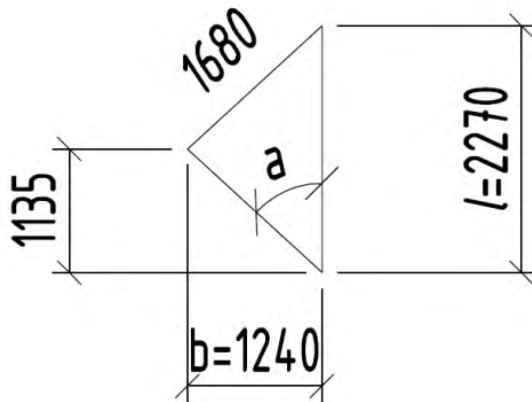


Рисунок 2.20. Схема решітки.

$$l_d = \sqrt{1,24^2 + 1,135^2} = 1,68 \text{ м}; \quad \sin \alpha = h_0 / l_d = 1,21 / 1,68 = 0,72, \quad \alpha = 45^\circ,$$

що знаходиться в межах $30^\circ < \alpha < 60^\circ$. Зусилля в розкосі:

$$N_{d1} = \frac{Q_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{160,45}{2 \cdot 0,72} = 111,42 \text{ кН}$$

Розкіс решітки конструємо з поодинокого кутика, необхідна площа перерізу якого при орієнтовному значенні $\lambda_0 = 90$ ($\varphi_0 = 0,612$) становить:

$$A = \frac{N_{d1}}{\varphi_0 \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{111,42}{0,612 \cdot 24 \cdot 0,75} = 10,11 \text{ см}^2$$

Тут для поодинокого кутика, що кріпиться однією полицею, $\gamma_c = 0,75$.

Приймаємо L 80x8, у якого $A = 12,3 \text{ см}^2$, $i_{\min} = i_{y0} = 1,57 \text{ см}$. Тоді:

$$\lambda = \frac{l_d}{i_{y0}} = \frac{168}{1,57} = 107$$

$$; \quad \varphi_0 = 0,505$$

$$\frac{N_d}{A_d \cdot \varphi} = \frac{111,42}{12,3 \cdot 0,505} = 17,9 \text{ кН / см}^2 < R_y \gamma_c = 24 \cdot 0,75 = 18 \text{ кН / см}^2$$

2.4.5. Розрахунок і конструювання з'єднання надкранової і підкранової частин колони

З'єднання виконують за допомогою траверси, висоту якої конструктивно приймають $h_{mp} = (0,5 \dots 0,8) h_n = 0,6 \cdot 125 = 75 \text{ см}$. Матеріал траверси – сталь 18Гпс.

Товщина траверси – $t_{mp} = 10 \text{ мм}$, тоді:

$$R_y = 240 \text{ МПа}, R_s = 0,58 \cdot R_y = 139 \text{ МПа};$$

Зусилля в поличках надкранової частини колони від поздовжньої сили і моменту дорівнює:

$$N_{II} = \frac{N_1}{2} + \frac{M_1}{h_B} = \frac{296,26}{2} + \frac{38512}{75} = 661,62 \text{ кН};$$

$$N_{LI} = \frac{N_1}{2} + \frac{M_2}{h_B} = \frac{296,26}{2} + \frac{71326}{75} = 1099,14 \text{ кН}$$

Приймаємо катет шва $k_f = 8 \text{ мм}$, враховуючи, що поличка кріпиться чотирма швами до стінки траверси, і визначаємо потрібну довжину одного шва:

$$l_w = \frac{\gamma_n \cdot N_P}{4 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} = \frac{0,95 \cdot 661,62}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 180 \cdot 1 \cdot (0,1)} = 18 \text{ см}$$

Максимальне зусилля, яке може передавати пояс верхньої частини колони (його несуча здатність), можна обчислити таким чином:

$$N_{II} = A \cdot R_y = 20 \cdot 1,4 \cdot 240 \cdot (0,1) = 672 \text{ кН}$$

Перевіряємо шов, що приєднує пояс до траверси:

$$N_w = 4 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} = 4 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 75 \cdot 180 \cdot (0,1) = 3024 \text{ кН} > 672 \text{ кН}$$

тобто і в цьому випадку маємо значний запас міцності зварних швів, тому перевіряти міцність за металом межі сплавлення не потрібно.

Визначаємо згинальний момент і перерізуючу силу в траверсі:

$$M_{mp} = F_{mp1} (h_n - h_e) = \frac{N_{II} \cdot h_e (h_n - h_e)}{h_n} = \frac{661,62 \cdot 75 (125 - 75)}{125} = 19848,6 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$$Q_{mp} = \frac{N_{II} \cdot h_e}{h_n} = \frac{661,62 \cdot 75}{125} = 396,97 \text{ кН};$$

Мінімальна висота траверси: висота стінки $h_w = 71,8 \text{ см}$, $t_w = 1,0 \text{ см}$; пояси траверси $25 \times 1,6 \text{ см}$. Геометричні характеристики траверси:

$$I_x = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot A_f \cdot a^2 = \frac{1 \cdot 71,8^3}{12} + 2 \cdot 25 \cdot 1,6 \cdot 36,7^2 = 138597 \text{ см}^4;$$

$$W_x = \frac{I_x \cdot 2}{h} = \frac{138597 \cdot 2}{75} = 3696 \text{ см}^3;$$

Перевіряємо траверсу на згин і зріз:

$$\sigma = \frac{M_{mp}}{W_x} = \frac{19848,6 \cdot (10)}{3696} = 53,7 \text{ МПа};$$

$$\tau = \frac{Q_{mp}}{A_{mp}} = \frac{396,97 \cdot (10)}{71,8 \cdot 1} = 52,3 \text{ МПа};$$

Кріплення траверси до підкранової вітки розраховуємо на реакцію траверси і тиск підкранових балок:

$$N' = \frac{N_{II} \cdot 75}{125} + D_{\max} = \frac{661,62 \cdot 75}{125} + 995 = 1391,97 \text{ кН};$$

Визначаємо потрібний катет зварного шва при кріпленні чотирма шва-ми:

$$k_f = \frac{\gamma_n \cdot N'}{4 \cdot \beta_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf}} = \frac{0,95 \cdot 1391,97}{4 \cdot 0,7 \cdot (71,8 - 2,4) \cdot 180 \cdot (0,1) \cdot 1} = 0,36 \text{ см}$$

Приймаємо катет зварного шва $k_f = 0,8 \text{ см}$

2.4.6 Розрахунок і конструювання бази колони

Вітки наскрізних колон працюють на поздовжні осьові сили і відстань між ними більша 1м, тому бази наскрізних колон працюють кожна окремо.

Зусилля в зовнішній і підкрановій вітках колон:

$$N_{e1} = \frac{M_1}{h_0} + \frac{N_1}{h_0} \cdot y_2 = \frac{121498}{121} + \frac{2401,13}{121} \cdot 42,8 = 1853,44 \text{ кН};$$

$$N_{e2} = \frac{M_2}{h_0} + \frac{N_2}{h_0} \cdot y_1 = \frac{222324}{121} + \frac{2336,6}{121} \cdot 78,2 = 3347,48 \text{ кН};$$

2.4.6.1 База зовнішньої вітки

База зовнішньої вітки зображена на кресленні.

$$A_{нл.нр.} = \frac{N_{e2}}{R_\phi} = \frac{3347,48}{1,02} = 3281,84 \text{ см}^2$$

де: $R_\phi = \gamma_b \cdot R_b = 1,2 \cdot 0,75 = 0,9 \text{ кН/см}^2$; $R_b = 0,75 \text{ кН/см}^2$ - для бетону В12,5.

З конструктивних міркувань приймаємо виступ плити $c_2 = 10 \text{ см}$. Тоді:

$$B > b_k + 2 \cdot c_2 = 50 + 2 \cdot 10 = 70 \text{ см (Приймаємо } B = 70 \text{ см)},$$

$$L_{нр} = A_{нл.нр.} / B = 3281,84 / 70 = 46,88 \text{ (Приймаємо } L = 50 \text{ см)}.$$

$$A_{нл.факт.} = 70 \cdot 50 = 3500 \text{ см}^2;$$

Середнє напруження в бетоні під плитою:

$$\sigma_{\phi} = \frac{N_{\phi 2}}{A_{нл.факт}} = \frac{3347,48}{3500} = 0,95 \text{ кН/см}^2 - \text{що є більше } R_{\phi}, \text{ тоді приймаємо бетон}$$

класу В15, $R_{\phi} = \gamma_b \cdot R_b = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ кН/см}^2$; $R_b = 0,85 \text{ кН/см}^2$ - для бетону В12,5.

З умови симетричного розміщення траверси відносно центра ваги вітки відстань між траверсами: $2(b_{кут} + t_w - z_1) = 2(16 + 1 - 4) = 26 \text{ см}$; при товщині траверси 14мм $c_1 = \frac{(L - (16 + 1 + 4,6) - 2 \cdot 1,4)}{2} = 12,8 \text{ см}$.

Визначаємо моменти на окремих ділянках плити:

Ділянка1(консольний виступ $c = c_1 = 7,8 \text{ см}$):

$$M_1 = \frac{\sigma_{\phi} \cdot c_1^2}{2} = \frac{0,95 \cdot 12,8^2}{2} = 77,8 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

Ділянка2(консольний виступ $c = c_2 = 10 \text{ см}$):

$$M_2 = \frac{\sigma_{\phi} \cdot c_2^2}{2} = \frac{0,95 \cdot 10^2}{2} = 47,5 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Ділянка3(плита опирається на чотири сторони):

$$\text{при } \frac{b}{a} = \frac{46}{16} = 2,9 > 2 \rightarrow \beta = 0,125:$$

$$M_3 = \beta \cdot \sigma_{\phi} \cdot a^2 = 0,125 \cdot 0,95 \cdot 20^2 = 47,5 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

Ділянка4(плита опирається на чотири сторони):

$$\frac{b}{a} = \frac{46}{8} = 5,75 > 2 \rightarrow \beta = 0,125:$$

$$M_4 = \beta \cdot \sigma_{\phi} \cdot a^2 = 0,125 \cdot 0,95 \cdot 8^2 = 7,6 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

Приймаємо до розрахунку $M_{\max} = M_1 = 77,8 \text{ кН} \cdot \text{см}$. Потрібна товщина опорної плити:

$$t_{нл} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{R_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 77,82}{240 \cdot (0,1)}} = 4,41 \text{ см};$$

Приймаємо $t_{нл} = 5,0 \text{ см}$.

Висоту траверси визначаємо з умови розміщення шва кріплення траверси до колони. Зусилля в вітці передаємо на траверси через 4 кутові шви. Зварювання ручне, електродугове. Довжина верхніх зварних швів траверси:

$$l_w = \frac{\gamma_n \cdot N_{e2}}{4 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf}} = \frac{0,95 \cdot 3347,48}{4 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 180 \cdot (0,1)} = 52 \text{ см};$$

$$l_w < 85 \cdot \beta_f \cdot k_f = 85 \cdot 0,7 \cdot 1,2 = 71 \text{ см};$$

Приймаємо $h_{mp} = 60 \text{ см}$.

2.4.6.2 База підкранової вітки

Потрібна площа плити:

$$A_{\text{пл.нр.}} = \frac{N_{e1}}{R_\phi} = \frac{1853,44}{1,02} = 1817,09 \text{ см}^2$$

де: $R_\phi = \gamma_b \cdot R_b = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ кН/см}^2$; $R_b = 0,85 \text{ кН/см}^2$ - для бетону В15.

Приймаємо $B = 60 \text{ см}$, тоді $L_{\text{нр.}} = A_{\text{пл.нр.}} / B = 1817,09 / 60 = 30,28 \text{ см}$.

Приймаємо $L = 35 \text{ см}$.

$$A_{\text{пл.факт.}} = 60 \cdot 35 = 2100 \text{ см}^2;$$

Середнє напруження в бетоні під плитою:

$$\sigma_\phi = \frac{N_{e1}}{A_{\text{пл.факт.}}} = \frac{1853,44}{2100} = 0,88 \text{ кН/см}^2;$$

$$c_1 = \frac{(35 - 20 - 2 \cdot 1,4)}{2} = 6,1 \text{ см};$$

$$c_2 = \frac{(60 - 48,8)}{2} = 5,6 \text{ см};$$

Визначаємо моменти на окремих ділянках плити:

Ділянка 1 (консольний виступ $c = c_1 = 6,1 \text{ см}$):

$$M_1 = \frac{\sigma_\phi \cdot c_1^2}{2} = \frac{0,88 \cdot 6,1^2}{2} = 16,37 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

Ділянка 2 (консольний виступ $c = c_2 = 5,6 \text{ см}$):

$$M_2 = \frac{\sigma_\phi \cdot c_2^2}{2} = \frac{0,88 \cdot 5,6^2}{2} = 13,79 \text{кН} \cdot \text{см}$$

Ділянка 3 (плита опирається на чотири сторони):

$$\text{при } \frac{b}{a} = \frac{46}{9,5} = 5,9 > 2 \rightarrow \beta = 0,125:$$

$$M_3 = \beta \cdot \sigma_\phi \cdot a^2 = 0,125 \cdot 0,88 \cdot 9,5^2 = 9,92 \text{кН} \cdot \text{см};$$

Приймаємо до розрахунку $M_{\max} = M_1 = 16,37 \text{кН} \cdot \text{см}$. Потрібна товщина опорної плити:

$$t_{пл} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{R_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 16,37}{240 \cdot (0,1)}} = 2,02 \text{см};$$

Приймаємо $t_{пл} = 6,0 \text{см}$ (так як і для зовнішньої вітки). База підкранової частини зображена на кресленні.

2.4.7 Розрахунок анкерних болтів

Анкерні болти розраховують на спеціальну комбінацію зусиль, яка спричиняє розтяг у вітках. У нашому випадку максимальне зусилля виникає в підкрановій вітці ($N = -374,43 \text{кН}$, $M = 1273,78 \text{кНм}$).

Записуємо:

$$N_{\epsilon 1} = \frac{M}{h_0} + \frac{N}{h_0} \cdot y_2 = \frac{127378}{121} + \frac{374,43}{121} \cdot 42,8 = 1185,15 \text{кН}$$

Визначаємо потрібну площу анкерних болтів:

$$A_{np.} = \frac{N_{\epsilon 1}}{R_{bt} \cdot \gamma_b} = \frac{1185,15}{145 \cdot (0,1) \cdot 1} = 81,73 \text{см}^2;$$

де: $R_{bt} = 145 \text{МПа}$ - розрахунковий опір болта розтягу (ВСтЗкп2). Приймаємо 4 анкерні болти $\varnothing 56 \text{мм}$, загальною площею $4 \times 20,5 = 82 \text{см}^2$.

Для зовнішньої вітки колони приймаємо конструктивно 2 анкерних болти такого ж діаметра.

2.5 Розрахунок ферми

Кроквяна ферма з прольотом 36 метрів, прогони розміщені з кроком $d=3\text{м}$, Крок ферм $B=12\text{ м}$, стержні ферми виконують із сталі С245 ($R_y=240\text{ МПа}$ при товщині кутиків до 20 мм), фасонки із сталі С255.

2.5.1 Збір навантажень

Рівномірно розподілене навантаження від власної ваги покриття і снігового навантаження слід привести до зосередженого, прикладеного у вузлах пояса ферми. Розрахункове розподілене лінійне навантаження від маси покрівлі і несучих конструкцій приймають з розрахунку рами: $q=1,11\text{ кН/м}^2$,

те ж саме, але без врахування маси ліхтаря.

$$q' = 1,11 - 0,105 = 1,005\text{ кН/м}^2,$$

Постійне навантаження, вузлові сили:

$$F_1 = q' \cdot B \cdot d = 1,005 \cdot 12 \cdot 3 = 36,18\text{кН};$$

$$F_2 = \frac{q' \cdot B \cdot d}{2} + \frac{q \cdot B \cdot d}{2} = \frac{1,005 \cdot 12 \cdot 3}{2} + \frac{1,11 \cdot 12 \cdot 3}{2} = 38,07\text{кН};$$

$$F_3 = q \cdot B \cdot d = 1,11 \cdot 12 \cdot 3 = 40\text{кН};$$

$$F_4 = F_1 \cdot 0,5 = 18,09\text{кН}$$

Розрахункова схема для визначення зусиль від постійних навантажень наведена на рисунку 2.21.

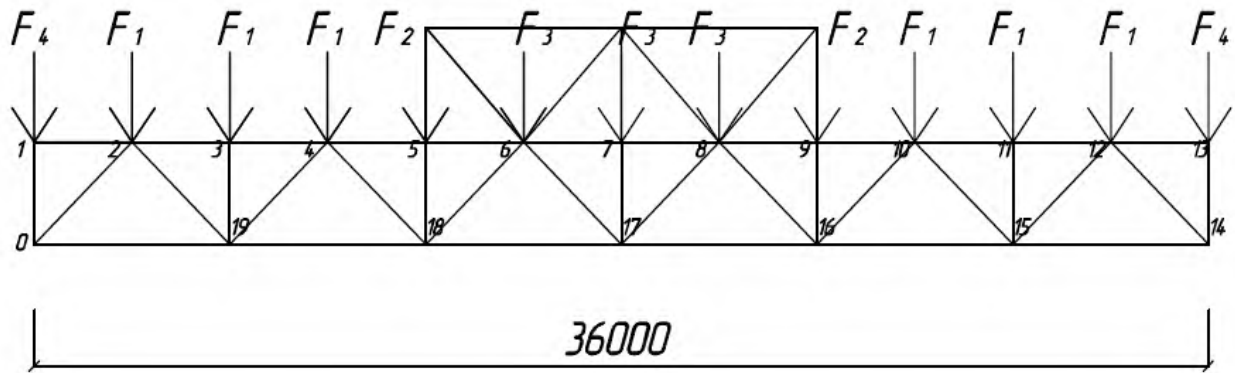


Рисунок 2.21. Розрахункова схема до визначення постійних навантажень.

Снігове навантаження, розглядаємо два варіанти.

Граничне розрахункове навантаження на 1 м^2 горизонтальної проєкції покриття для міста Одеси (2-го снігового району за [2]) визначаємо за табл. Д. 2.5 та Д.2.7 [1] при $T = 50$ років, $\gamma_{fm}=1,0$, $S_0=0,88 \text{ кПа}$.

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C$$

$$C = \mu \cdot C_b \cdot C_{alt}$$

$$C_b = 0,8, \text{ бо холодне покриття.}$$

$$C_{alt} = 1.$$

$$\gamma_{fm} = 1.$$

Для визначення коефіцієнтів μ користуємось ДБН Навантаження і впливи 2006.

$$\text{Коефіцієнт } \mu_1 \text{ для першого варіанту, } \mu_1 = 0,8.$$

$$\text{Коефіцієнт } \mu_2 \text{ для першого варіанту, } \mu_2 = 1 + 0,1 \cdot a/b = 1 + 0,1 \cdot 12/12 = 1,1.$$

$$\text{Коефіцієнт } \mu_3 \text{ для другого варіанту, } \mu_3 = 1 + 0,5 \cdot a/b_1 = 1 + 0,1 \cdot 12/3,5 = 2,7.$$

$$\text{Коефіцієнт } \mu_4 \text{ для другого варіанту, } \mu_4 = 1.$$

Знаходження рівномірно розподілених снігових навантажень для різних коефіцієнтів μ .

Для 1 варіанту:

$$S_1 = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C_1 = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,64 = 0,56 \text{ кН/м}^2.$$

$$C_1 = \mu_1 \cdot C_B \cdot C_{alt} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,64.$$

$$S_2 = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C_2 = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,88 = 0,77 \text{ кН/м}^2.$$

$$C_2 = \mu_2 \cdot C_B \cdot C_{alt} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,88.$$

Для 2 варианту:

$$S_3 = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C_3 = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 2,16 = 1,9 \text{ кН/м}^2.$$

$$C_3 = \mu_3 \cdot C_B \cdot C_{alt} = 2,7 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2,16.$$

$$S_4 = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C_2 = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 0,8 = 0,704 \text{ кН/м}^2.$$

$$C_4 = \mu_4 \cdot C_B \cdot C_{alt} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

Снігове навантаження, вузлові сили:

Варіант 1:

$$F_{1s} = s_2 \cdot B \cdot d = 0,77 \cdot 12 \cdot 3 = 27,72 \text{ кН};$$

$$F_{2s} = s_2 \cdot \frac{B \cdot d}{2} + s_1 \cdot \frac{B \cdot d}{2} = 0,77 \cdot \frac{12 \cdot 3}{2} + 0,56 \cdot \frac{12 \cdot 3}{2} = 23,94 \text{ кН};$$

$$F_{3s} = F_{4s} = s_1 \cdot B \cdot d = 0,56 \cdot 12 \cdot 3 = 20,16 \text{ кН};$$

$$F_{5s} = F_{1s} \cdot 0,5 = 13,68 \text{ кН}$$

Варіант 2:

$$F'_{1s} = s_4 \cdot B \cdot a = 0,704 \cdot 12 \cdot 3 = 25,34 \text{ кН};$$

$$F'_{2s} = s_3 \cdot \frac{B \cdot d}{2} + s_4 \cdot \frac{B \cdot d}{2} = 1,9 \cdot \frac{12 \cdot 3}{2} + 0,704 \cdot \frac{12 \cdot 3}{2} = 29,77 \text{ кН};$$

$$F'_{3s} = s_3 \cdot \frac{B \cdot d}{2} = 1,9 \cdot \frac{12 \cdot 3}{2} = 34,2 \text{ кН};$$

$$F'_{4s} = F'_{1s} \cdot 0,5 = 12,67 \text{ кН};$$

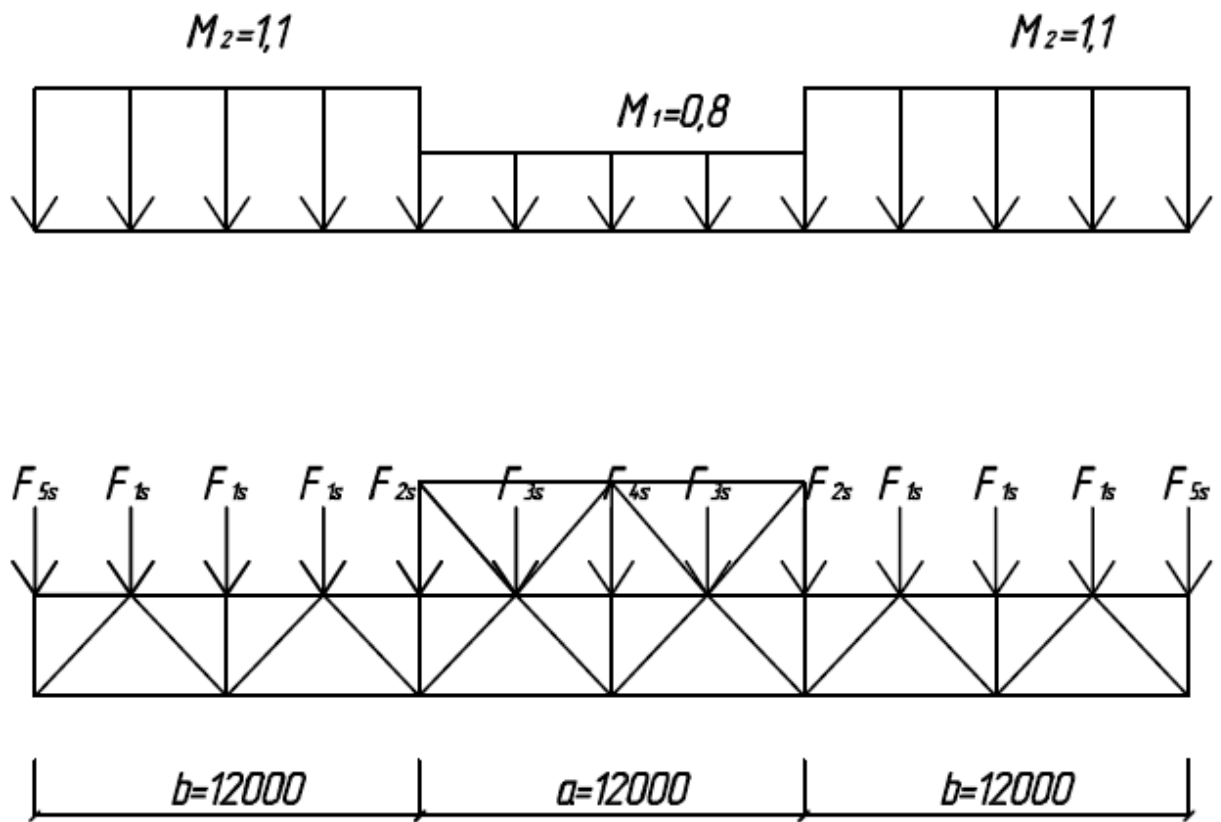


Рисунок 2.22 Розрахункова схема до визначення снігових навантажень, варіант 1.

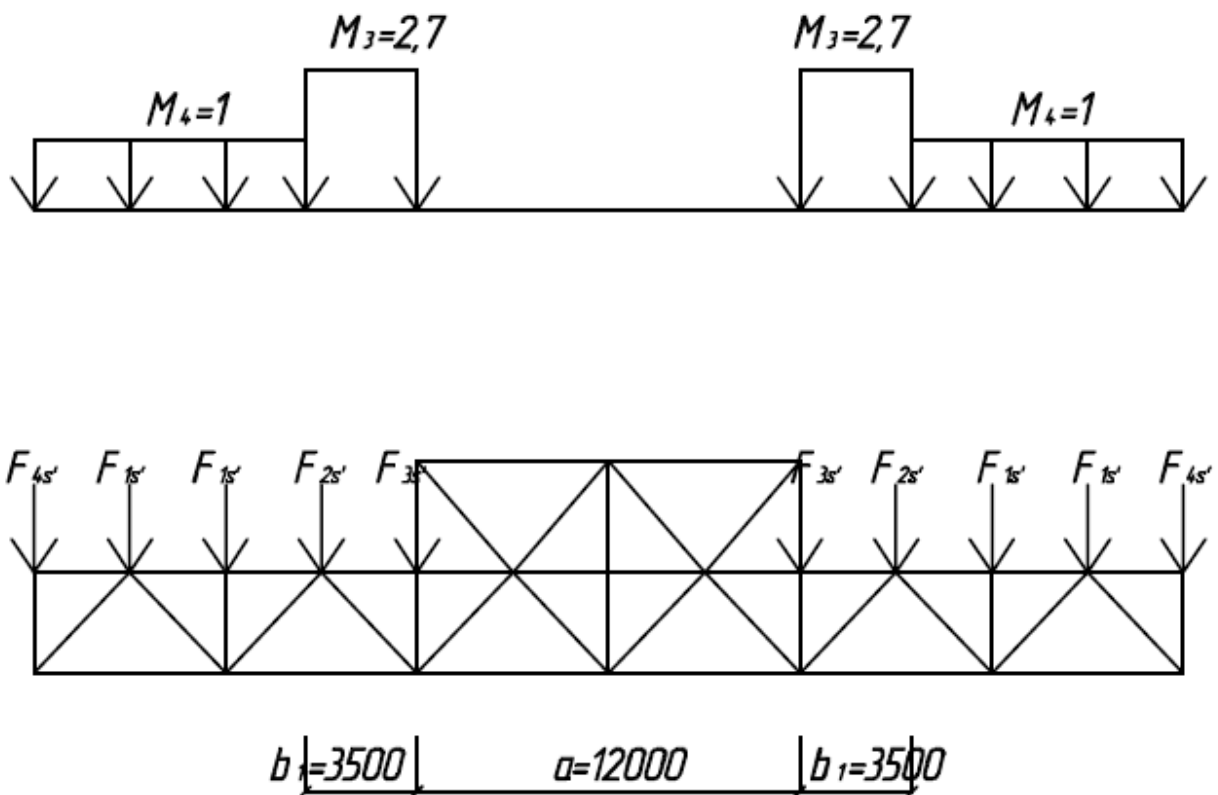


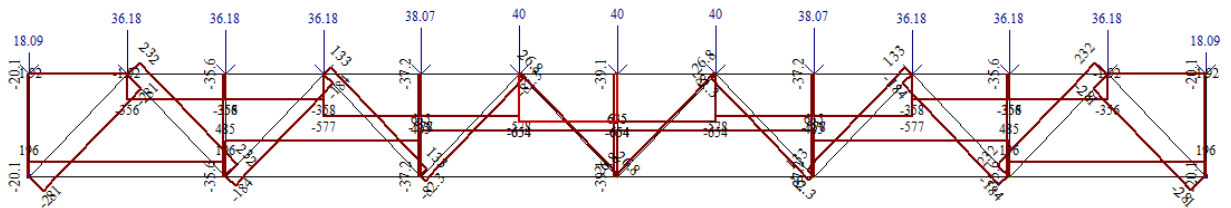
Рисунок 2.23. Розрахункова схема до визначення снігових навантажень, 2 варіант.

На рисунку 2.24 наведені епюри поздовжніх зусиль, що виникають у кроквяній фермі від постійного та снігових навантажень. Значення поздовжніх зусиль визначалися програмно за допомогою ПК. В даному випадку зусилля в фермі будуть розподілятися симетрично, тобто зусилля що виникають в половині ферми, є дзеркально однаковими в іншій частині ферми, тому при підборі перерізів розглядаємо лише половину ферми.

Результати розрахунку зведені в таблиці 6. З урахуванням симетрії значення наведені тільки для половини ферми (знак "-" відповідає стиску стержня, знак "+" розтягу).

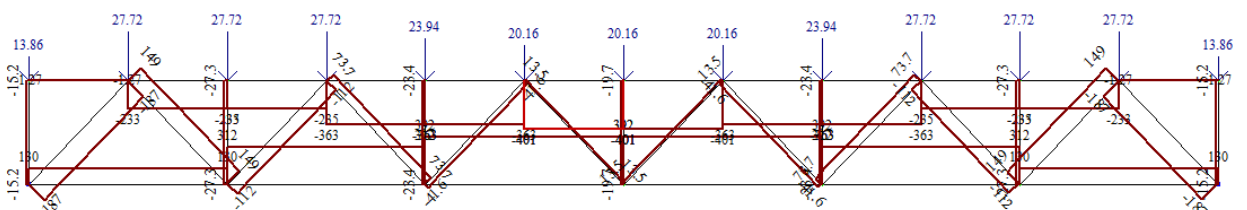
Враховуючи, що за певних обставин (наприклад, при проскакуванні болтів в опорних вузлах) розпірні зусилля можуть частково не передаватися, допускається їх не враховувати в разі, коли вони зменшують сумарні зусилля у фермі як балковій конструкції.

Завантаження 1
Епюра N
Единиця измерения - кН

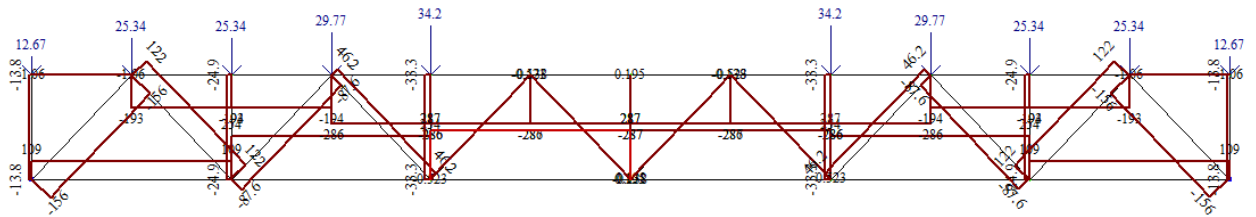


а

Завантаження 2
Епюра N
Единица измерения - кН



б



В

Рисунок 2.24 Статичний розрахунок ферми: а - епюри поздовжніх сил від дії постійних навантажень, б – те саме, від дії снігового навантаження (1), в – те саме, від дії снігового навантаження (2).

Опорні реакції визначаємо методом опору матеріалів, вважаємо що ліва опора (А), права опора (В), а саме, записуємо рівняння моментів відносно правої опори В.

Від постійного навантаження:

$$M_B = V_A \cdot 36 - F_4 \cdot 36 - F_1 \cdot 33 - F_1 \cdot 30 - F_1 \cdot 27 - F_2 \cdot 24 - F_3 \cdot 21 - F_3 \cdot 18 - F_3 \cdot 15 - F_2 \cdot 12 - F_1 \cdot 9 - F_1 \cdot 6 - F_1 \cdot 3 = 0$$

$$V_A = \frac{F_4 \cdot 36 + F_1 \cdot 33 + F_1 \cdot 30 + F_1 \cdot 27 + F_2 \cdot 24 + F_3 \cdot 21}{36} + \frac{F_3 \cdot 18 + F_3 \cdot 15 + F_2 \cdot 12 + F_1 \cdot 9 + F_1 \cdot 6 + F_1 \cdot 3}{36}$$

$$V_A = \frac{F_4 \cdot 36 + F_1 \cdot 108 + F_2 \cdot 36 + F_3 \cdot 54}{36}$$

$$V_A = \frac{18,09 \cdot 36 + 36,18 \cdot 108 + 38,07 \cdot 36 + 40 \cdot 54}{36} = \frac{8089,2}{36} = 224,7 \text{ кН.}$$

Від снігового навантаження (1):

$$M_B = V_A \cdot 36 - F_{5s} \cdot 36 - F_{1s} \cdot 33 - F_{1s} \cdot 30 - F_{1s} \cdot 27 - F_{2s} \cdot 24 - F_{3s} \cdot 21 - F_{3s} \cdot 18 - F_{3s} \cdot 15 - F_{2s} \cdot 12 - F_{1s} \cdot 9 - F_{1s} \cdot 6 - F_{1s} \cdot 3 = 0$$

$$V_A = \frac{F_{5s} \cdot 36 + F_{1s} \cdot 33 + F_{1s} \cdot 30 + F_{1s} \cdot 27 + F_{2s} \cdot 24 + F_{3s} \cdot 21}{36} +$$

$$+ \frac{F_{3s} \cdot 18 + F_{3s} \cdot 15 + F_{2s} \cdot 12 + F_{1s} \cdot 9 + F_{1s} \cdot 6 + F_{1s} \cdot 3}{36}$$

$$V_A = \frac{F_{5s} \cdot 36 + F_{1s} \cdot 108 + F_{2s} \cdot 36 + F_{3s} \cdot 54}{36}$$

$$V_A = \frac{13,86 \cdot 36 + 27,72 \cdot 108 + 23,94 \cdot 36 + 20,16 \cdot 54}{36} = \frac{5443,2}{36} = 151,2 \text{ кН.}$$

Від снігового навантаження (2):

$$M_B = V_A \cdot 36 - F_{4s'} \cdot 36 - F_{1s'} \cdot 33 - F_{1s'} \cdot 30 - F_{2s'} \cdot 27 - F_{3s'} \cdot 24 - F_{3s'} \cdot 12 - \\ - F_{2s'} \cdot 9 - F_{1s'} \cdot 6 - F_{1s'} \cdot 3 = 0$$

$$V_A = \frac{F_{4s'} \cdot 36 + F_{1s'} \cdot 33 + F_{1s'} \cdot 30 + F_{2s'} \cdot 27 + F_{3s'} \cdot 24}{36} + \\ + \frac{F_{3s'} \cdot 12 + F_{2s'} \cdot 9 + F_{1s'} \cdot 6 + F_{1s'} \cdot 3}{36}$$

$$V_A = \frac{F_{4s'} \cdot 36 + F_{1s'} \cdot 72 + F_{2s'} \cdot 36 + F_{3s'} \cdot 36}{36}$$

$$V_A = \frac{12,67 \cdot 36 + 25,34 \cdot 72 + 29,77 \cdot 36 + 34,2 \cdot 36}{36} = \frac{4583,52}{36} = 127,32 \text{ кН.}$$

Таблиця 2.6 Зусилля в елементах балкової ферми.

Назва елемента	№ стержня	Зусилля, кН, від навантаження			Розрахункові зусилля
		постійного	снігового(1)	снігового (2)	
Верхній пояс	1-2	0	0	0	0
	2-3	-356,3	-233,3	-192,7	-589,6
	3-4	-358,3	-234,6	-193,7	-592,9
	4-5	-577,1	-362,8	-286,1	-939,9
	5-6	-578,2	-363,4	-286,4	-941,6
	6-7	-653,6	-401,4	-286,6	-1058
Нижній пояс	0-19	195,8	130,1	108,6	325,9
	19-18	485,1	311,9	254,1	797
	18-17	635	392,1	286,7	1027,1
Розкоси	0-2	-281,1	-186,8	-155,9	-467,9
	2-19	232,2	149,3	121,6	381,5
	19-4	-183,5	-112	-87	-295,5
	4-18	133,3	73,6	46	206,9

	18-6	-82,3	-41,5	-0,5	-123,8
	6-17	26,8	13,5	-0,1	40,3
Стояки	0-1	-20	-15,1	-13,7	-35,1
	19-3	-35,5	-27,1	-24,8	-62,7
	18-5	-37,2	-23,4	-33,3	-70,5
	17-7	39,1	-19,6	0,1	-58,7
Опорні реакції	V _a ; V _b	224,7	151,2	127,32	375,9

2.5.2 Підбір перерізів

Ферма проектується з елементами таврового перерізу із парних рівнополичних кутиків. При підборі перерізів доцільно виконати їхню уніфікацію, враховуючи значення розрахункових зусиль. Оскільки при прольоті ферми 36 м зміна типорозмірів кутиків по довжині поясів є раціональною, попередньо передбачається можливість підбору по два типорозміри на кожний пояс, два-три перерізи для розкосів та один для стояків.

Верхній пояс (стержень 2-3): $N = 589,6$ кН. Розрахункова довжина стержня в площині ферми дорівнює відстані між її вузлами $l_{ef,x} = 300$ см. Поза площиною розкріплення верхнього пояса створюють прогони, але тільки ті, які закріплені до жорсткого в'язевого блока. Розрахункова довжина верхнього пояса поза площиною ферми дорівнює відстані між вузлами кріплення вертикальних в'язей покриття $l_{ef,y} = 600$ см. Коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 0,95$ (див. табл. Д. 1.6) [1]. Попередньо беремо гнучкість $\lambda = 80$ і за табл. Д.4.4 додатків відповідний коефіцієнт поздовжнього згину $\varphi = 0,686$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240$ Мпа = 24 кН/см², $\gamma_c = 0,95$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{589,6}{0,686 \cdot 24 \cdot 0,95} = 37,7 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{80} = 3,75 \text{ см}; i_y = \frac{600}{80} = 7,5 \text{ см};$$

За сортаментом рівно поличкових кутників (табл. Д.5.5) приймаємо 2L 100x10, $A = 19,24$ см², $i_x = 3,05$ см, $i_y = 4,67$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{3,05} = 98,36; \lambda_y = \frac{600}{4,67} = 128,47; \varphi = 0,375.$$

$$\sigma = \frac{589,6}{0,375 \cdot 2 \cdot 19,24} = 40,77 \text{ кН} / \text{см}^2 > 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо 2L 125x12, A=28,89 см², i_x= 3,82 см, i_y= 5,7см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{3,82} = 77,5; \lambda_y = \frac{600}{5,7} = 105; \varphi = 0,51.$$

$$\sigma = \frac{589,6}{0,51 \cdot 2 \cdot 28,89} = 20 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Гранична гнучкість при

$$\alpha = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{589,6}{0,51 \cdot 2 \cdot 28,89 \cdot 24 \cdot 0,95} = 0,87$$

Дорівнює $\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,87 = 127,8 > \lambda_y = 105$.

Верхній пояс (стержень 3-4): N=—592,9 кН. Беремо $\lambda = 100$ і $\varphi = 0,542$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240 \text{ Мпа} = 24 \text{ кН} / \text{см}^2$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{592,9}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,95} = 47,97 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{100} = 3 \text{ см}; i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо 2L 100x14, A=26,28 см², i_x= 3 см, i_y= 4,75см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{3} = 100; \lambda_y = \frac{600}{4,75} = 126,3; \varphi = 0,395.$$

$$\sigma = \frac{592,9}{0,395 \cdot 2 \cdot 26,28} = 28 \text{ кН} / \text{см}^2 > 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо 2L 125x12, A=28,89 см², i_x= 3,82 см, i_y= 5,7см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{3,82} = 77,5; \lambda_y = \frac{600}{5,7} = 105; \varphi = 0,51.$$

$$\sigma = \frac{592,6}{0,51 \cdot 2 \cdot 28,89} = 20,12 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{20,12}{22,8} = 0,88$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,88 = 127,2 > \lambda_y = 105.$$

Верхній пояс (стержень 4-5): $N = 939,9$ кН. Беремо $\lambda = 100$ і $\varphi = 0,542$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240$ Мпа = 24 кН/см²:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{939,9}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,95} = 76,05 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{100} = 3 \text{ см}; i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо 2L 160x14, $A = 43,57$ см², $i_x = 4,92$ см, $i_y = 7,13$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{4,92} = 60,9; \lambda_y = \frac{600}{7,13} = 84,1; \varphi = 0,647.$$

$$\sigma = \frac{939,9}{0,647 \cdot 2 \cdot 43,57} = 16,67 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2.$$

При $\alpha = \frac{16,67}{22,8} = 0,73$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,73 = 136,2 > \lambda_y = 84,1.$$

Верхній пояс (стержень 5-6): $N = 941,6$ кН. Беремо $\lambda = 100$ і $\varphi = 0,542$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240$ Мпа = 24 кН/см²:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{941,6}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,95} = 76,19 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{100} = 3 \text{ см}; i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо 2L 160x14, $A = 43,57$ см², $i_x = 4,92$ см, $i_y = 7,13$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{4,92} = 60,9; \lambda_y = \frac{600}{7,13} = 84,1; \varphi = 0,647.$$

$$\sigma = \frac{941,6}{0,647 \cdot 2 \cdot 43,57} = 16,7 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2.$$

При $\alpha = \frac{16,7}{22,8} = 0,73$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,73 = 136,2 > \lambda_y = 84,1.$$

Верхній пояс (стержень 6-7): $N = 1058$ кН. Беремо $\lambda = 100$ і $\varphi = 0,542$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240 \text{ Мпа} = 24 \text{ кН/см}^2$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1058}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,95} = 85,61 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{100} = 3 \text{ см}; i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 160 \times 14$, $A=43,57 \text{ см}^2$, $i_x=4,92 \text{ см}$, $i_y=7,13 \text{ см}$.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{300}{4,92} = 60,9; \lambda_y = \frac{600}{7,13} = 84,1; \varphi = 0,647.$$

$$\sigma = \frac{1058}{0,647 \cdot 2 \cdot 43,57} = 18,7 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2.$$

При $\alpha = \frac{18,7}{22,8} = 0,82$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,83 = 130,8 > \lambda_y = 84,1.$$

Нижній пояс (стержень 0-19): $N=325,9 \text{ кН}$, $\lambda_u = 400$, $l_{\text{ef},x} = l_{\text{ef},y} = 580 \text{ см}$.

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{325,9}{24 \cdot 0,95} = 14,29 \text{ см}^2$$

$$i_x = i_y = \frac{580}{400} = 1,45 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 63 \times 6$, $A=7,28 \text{ см}^2$, $i_x=1,93 \text{ см}$, $i_y=3,14 \text{ см}$.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{325,9}{2 \cdot 7,28} = 22,38 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{580}{1,93} = 300,5 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{580}{3,14} = 184,7;$$

Нижній пояс (стержень 19-18): $N=797 \text{ кН}$, $\lambda_u = 400$, $l_{\text{ef},x} = l_{\text{ef},y} = 600 \text{ см}$.

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{797}{24 \cdot 0,95} = 34,95 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 100 \times 12$, $A=22,8 \text{ см}^2$, $i_x=3,03 \text{ см}$, $i_y=4,74 \text{ см}$.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{797}{2 \cdot 22,8} = 17,47 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{600}{3,03} = 198 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{600}{4,71} = 127,3;$$

Нижній пояс (стержень 18-17): $N=1027,1$ кН, $\lambda_u = 400$, $l_{ef,x} = l_{ef,y}=600$ см.

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1027,1}{24 \cdot 0,95} = 45,04 \text{ см}^2. \text{ За сортаментом приймаємо } 2 \perp 100 \times 12,$$

$A=22,8$ см², $i_x=3,03$ см, $i_y=4,74$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{1027,1}{2 \cdot 22,28} = 22,5 \text{ кН / см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{600}{3,03} = 198 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{600}{4,71} = 127,3;$$

Опорний розкіс (стержень 0-2): $N=467,9$ кН. Розрахункова довжина

$l_{ef,x} = l_{ef,y} = \sqrt{315^2 + 280^2} = 421,4$ см. Приймаємо орієнтовно $\lambda_x = 100$ і $\varphi = 0,542$.

Потрібні геометричні характеристики перерізу при $R_y = 240$ Мпа = 24 кН/см²:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{467,9}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,95} = 37,86 \text{ см}^2$$

$$i_x = \frac{300}{100} = 3 \text{ см}; i_y = \frac{600}{100} = 6 \text{ см};$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 100 \times 10$, $A=19,24$ см², $i_x=3,05$ см, $i_y=4,67$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{421,4}{3,05} = 138,16; \lambda_y = \frac{421,4}{4,67} = 90,23; \varphi = 0,38.$$

$$\sigma = \frac{467,9}{0,38 \cdot 2 \cdot 19,24} = 31,99 \text{ кН / см}^2 > 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо $2 \perp 100 \times 14$, $A=26,28$ см², $i_x=3$ см, $i_y=4,75$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{421,4}{3} = 140,46; \lambda_y = \frac{421,4}{4,75} = 88,71; \varphi = 0,315.$$

$$\sigma = \frac{467,9}{0,315 \cdot 2 \cdot 26,28} = 28,2 \text{ кН / см}^2 > 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН / см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо $2 \perp 125 \times 12$, $A=28,29$ см², $i_x=3,82$ см, $i_y=5,7$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{421,4}{3,82} = 110,3; \lambda_y = \frac{421,4}{5,7} = 73,92; \varphi = 0,478.$$

$$\sigma = \frac{467,9}{0,478 \cdot 2 \cdot 28,28} = 16,94 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{16,94}{22,8} = 0,74$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,74 = 135,6 > \lambda_x = 110,3.$$

Розтягнуті розкоси (стержень 2-19): $N=381,5$ кН, геометрична довжина

$$l_{ef,x} = l_{ef,y} = \sqrt{315^2 + 300^2} = 435 \text{ см.}$$

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{381,5}{24 \cdot 0,95} = 16,73 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 75 \times 9$, $A=12,83$ см², $i_x=2,27$ см, $i_y=3,66$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{381,5}{2 \cdot 12,83} = 14,86 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{435}{2,27} = 191,6 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{435}{3,66} = 118,8;$$

Розкіс (стержень 4-18): $N=206,9$ кН, геометрична довжина

$$l_{ef,x} = l_{ef,y} = \sqrt{315^2 + 300^2} = 435 \text{ см.}$$

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{206,9}{24 \cdot 0,95} = 9,07 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 50 \times 5$, $A=4,8$ см², $i_x=1,53$ см, $i_y=2,61$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{206,9}{2 \cdot 4,8} = 21,55 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{435}{1,53} = 284,31 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{435}{2,61} = 166,6;$$

Розкіс (стержень 6-17): $N=40,3$ кН, геометрична довжина

$$l_{ef,x} = l_{ef,y} = \sqrt{315^2 + 300^2} = 435 \text{ см.}$$

$$A_n = \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{40,3}{24 \cdot 0,95} = 1,76 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 50 \times 5$, $A=4,8$ см², $i_x=1,53$ см, $i_y=2,61$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\sigma = \frac{40,3}{2 \cdot 4,8} = 4,2 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ кН} / \text{см}^2$$

$$\lambda_x = \frac{435}{1,53} = 284,31 < \lambda_u = 400; \lambda_y = \frac{435}{2,61} = 166,6;$$

Стиснуті розкоси (стержень 19-4): $N = -295,5$ кН,

$l_{ef,x} = \mu \cdot l = 0,8 \cdot 435 = 338$ см (коефіцієнт $\mu = 0,8$ – див. п. 12.7 додатка [1]),

$l_{ef,y} = 435$ см. Беремо $\lambda_x = 100$ і $\varphi = 0,542$, при $\lambda > 60$, $\gamma_c = 0,8$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{295,5}{0,542 \cdot 24 \cdot 0,8} = 28,4 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 100 \times 8$, $A = 15,6$ см², $i_x = 3,07$ см, $i_y = 4,62$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{348}{3,07} = 113,35; \lambda_y = \frac{435}{4,62} = 94,15; \varphi = 0,46.$$

$$\sigma = \frac{295,5}{0,46 \cdot 2 \cdot 15,6} = 20,58 \text{ кН} / \text{см}^2 > 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо $2 \perp 100 \times 12$, $A = 22,8$ см², $i_x = 3,03$ см, $i_y = 4,71$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{348}{3,03} = 114,8; \lambda_y = \frac{435}{4,71} = 92,3; \varphi = 0,458.$$

$$\sigma = \frac{295,5}{0,458 \cdot 2 \cdot 22,8} = 14,14 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{14,14}{19,2} = 0,73$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,73 = 166,2 > \lambda_x = 114,8.$$

Розкіс (стержень 18-6): $N = -123,8$ кН, $l_{ef,x} = \mu \cdot l = 0,8 \cdot 435 = 348$ см, $l_{ef,y} = 435$ см. Приймаємо $\lambda_x = 150$ і $\varphi = 0,276$, при $\lambda > 60$, $\gamma_c = 0,8$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{123,8}{0,276 \cdot 24 \cdot 0,8} = 23,36 \text{ см}^2$$

За сортаментом приймаємо $2 \perp 75 \times 9$, $A = 12,83$ см², $i_x = 2,27$ см, $i_y = 3,66$ см.

Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{348}{2,27} = 153,3; \lambda_y = \frac{435}{3,66} = 118,8; \varphi = 0,267.$$

$$\sigma = \frac{123,8}{0,267 \cdot 2 \cdot 12,83} = 18,06 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{18,06}{19,2} = 0,94$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 210 - 60 \cdot 0,95 = 153,6 > \lambda_x = 153,3.$$

Стояк (стержень 19-3): $N = 62,7$ кН, $l_{ef,x} = \mu \cdot l = 0,8 \cdot 315 = 252$ см, $l_{ef,y} = 315$ см. Приймаємо $\lambda_x = 120$ і $\varphi = 0,419$, при $\lambda > 60$, $\gamma_c = 0,8$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{62,7}{0,419 \cdot 24 \cdot 0,8} = 7,79 \text{ см}^2$$

Беремо $2 \perp 56 \times 6$, $A = 5,41$ см², $i_x = 1,72$ см, $i_y = 2,85$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{252}{1,72} = 146,51; \lambda_y = \frac{315}{2,85} = 110,52; \varphi = 0,295.$$

$$\sigma = \frac{62,7}{0,295 \cdot 2 \cdot 5,41} = 19,64 \text{ кН} / \text{см}^2 > 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Отже змінюємо переріз, приймаємо $2 \perp 63 \times 6$, $A = 7,28$ см², $i_x = 1,93$ см, $i_y = 3,14$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{252}{1,93} = 130,5; \lambda_y = \frac{315}{3,14} = 100,3; \varphi = 0,364.$$

$$\sigma = \frac{62,7}{0,364 \cdot 2 \cdot 7,28} = 11,83 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{11,83}{19,2} = 0,616$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 210 - 60 \cdot 0,616 = 173,04 > \lambda_x = 130,5.$$

Стояк (стержень 18-5): $N = 70,5$ кН, $l_{ef,x} = \mu \cdot l = 0,8 \cdot 315 = 252$ см, $l_{ef,y} = 315$ см. Приймаємо $\lambda_x = 120$ і $\varphi = 0,419$, при $\lambda > 60$, $\gamma_c = 0,8$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{70,5}{0,419 \cdot 24 \cdot 0,8} = 8,76 \text{ см}^2$$

Беремо $2 \perp 63 \times 6$, $A = 7,28$ см², $i_x = 1,93$ см, $i_y = 3,14$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{252}{1,93} = 130,5; \lambda_y = \frac{315}{3,14} = 100,3; \varphi = 0,364.$$

$$\sigma = \frac{70,5}{0,364 \cdot 2 \cdot 7,28} = 13,3 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{13,3}{19,2} = 0,692$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 210 - 60 \cdot 0,692 = 168,48 > \lambda_x = 130,5.$$

Стояк (стержень 17-7): $N = 58,7$ кН, $l_{ef,x} = \mu \cdot l = 0,8 \cdot 315 = 252$ см, $l_{ef,y} = 315$ см. Приймаємо $\lambda_x = 120$ і $\varphi = 0,419$, при $\lambda > 60$, $\gamma_c = 0,8$:

$$A_n = \frac{N}{\varphi \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{58,7}{0,419 \cdot 24 \cdot 0,8} = 7,29 \text{ см}^2$$

Беремо $2 \perp 63 \times 6$, $A = 7,28$ см², $i_x = 1,93$ см, $i_y = 3,14$ см. Перевіряємо підібраний переріз:

$$\lambda_x = \frac{252}{1,93} = 130,5; \lambda_y = \frac{315}{3,14} = 100,3; \varphi = 0,364.$$

$$\sigma = \frac{58,7}{0,364 \cdot 2 \cdot 7,28} = 11,07 \text{ кН} / \text{см}^2 \leq 24 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

При $\alpha = \frac{11,07}{19,2} = 0,576$ гранична гнучкість дорівнює:

$$\lambda_u = 210 - 60 \cdot 0,576 = 175,44 > \lambda_x = 130,5.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 7. Аналіз одержаних результатів показує, що для запроектованої ферми використано вісім типорозмірів кутиків.

2.5.3 Розрахунок зварних з'єднань

Після підбору і перевірки взятих перерізів необхідно розрахувати кожний вузол ферми. Такий розрахунок зводиться до визначення розмірів зварних швів, що закріплюють стержні на вузлових фасонках, і розмірів фасонок. Виходячи з того, що для ферми застосована сталь С245 (для фасонок С255), призначаємо тип електрода Э42, для якого розрахунковий опір за металом шва дорівнює $R_{wf} = 180$ МПа. Розрахунковий опір за металом межі сплавлення $R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un}$. Для сталі С245 $R_{un} = 370$ МПа, $R_{wz} = 0,45 \cdot 370 = 166,5$ МПа. Згідно з рекомендаціями [3] для кутових швів в елементах із сталі з границею текучості до 285 МПа значення R_{wf} мають бути більшими від $R_{wz} \cdot \beta_z / \beta_f$. Коефіцієнти β_z і β_f які враховують глибину

проплавлення шва, беруть із табл. 6.3[1] залежно від виду зварювання (ферми, що виготовляються в заводських умовах, зварюють напівавтоматами), положення шва в просторі та товщин зварюваних елементів. При $\beta_f = 0,9$ і $\beta_z = 1,05$ при виконанні умови $R_{wf} = 180 < R_{wz} \cdot \beta_z / \beta_f = 166,5 \cdot 1,05 / 0,9 = 194,25$ МПа розрахунок швів можна виконувати тільки за металом шва, а за перерізом по металу межі сплавлення перевірку роботи немає потреби.

При розміщенні зварних швів у вузлі слід пам'ятати про необхідність збереження положення осі дії зусилля, тобто площі швів слід розподіляти обернено пропорційно до відстаней від осі елемента до осі шва. Для цього по обушку кутика прикладається частина загального зусилля в елементі, що

становить $N \cdot \left(\frac{b-z_0}{b}\right)$, а по перу $N \cdot \left(\frac{z_0}{b}\right)$ де z_0 - відстань від осі кутика до

обушка (значення z_0 наведено в сортаменті); b - ширина полиці кутика. Для рівнополичних кутиків можна приблизно брати $N_{об} = 0,7 \cdot N$, $N_n = 0,3 \cdot N$.

При розрахунку потрібно призначити катети швів і знайти їхні довжини. Катет шва по перу $k_{f,n}$ беруть на 1 — 2 мм меншим від товщини кутика. По обушку катет шва $k_{f,об} \geq k_{f,n}$, але не більший ніж $1,2 \cdot t$, де t - найменша з товщин полиці кутика або фасонки.

Слід пам'ятати, що розрахункове зусилля сприймається двома кутиками, тому при визначенні довжини швів значення N ділиться надвоє:

$$\text{-по обушку } l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см;}$$

$$\text{-по перу } l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см.}$$

У конструкціях із сталі з границею текучості до 580 МПа при зведенні їх у кліматичних районах з розрахунковою температурою зовнішнього повітря не нижче - 40 °С коефіцієнт умов роботи шва $\gamma_{wf} = \gamma_{wz} = 1$.

Розрахункові значення довжин швів визначаються для всіх елементів решітки, а для поясів довжина швів, як правило, призначається конструктивно, виходячи з розмірів фасонки після конструювання вузлів, бо зусилля в цих швах (різниця зусиль у суміжних елементах поясів - див. п. 12,9[1]) виявляються відносно малими.

Прикріплення кутиків до фасонки краще виконувати з двох сторін: по перу та по обушку. Проте у вузлах верхнього пояса фасонка, що виступає, може заважати встановленню прогонів або панелей покриття, тому у фасонці роблять підрізку нижче рівня обушка та не заварюють цю ділянку. Утворена щілина заповнюється наплавленим металом, але в розрахунок не включається. На шов по перу припадає у цьому разі додатковий згинальний момент, який треба врахувати розрахунком або знизити розрахунковий опір шва на 20...25%. Довжину зварних швів приймаємо не меншою 40 мм, відповідно до вимог [3].

Розрахунок зварних швів для стержня 0—2, в якому діє зусилля – 467,9 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 10 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w, \text{об}} = \frac{0,7 \cdot 467,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 12 \text{ см};$$

$$l_{w, \Pi} = \frac{0,3 \cdot 467,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 11 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 2—19, в якому діє зусилля 381,5 кН.

$$K_{f, \min} = 4 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 7,5 = 9 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 8 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w, \text{об}} = \frac{0,7 \cdot 381,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 12 \text{ см};$$

$$l_{w, \Pi} = \frac{0,3 \cdot 381,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 9 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 19—4, в якому діє зусилля -295,5 кН.

$$K_{f, \min} = 4 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 12 = 14,4 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 8 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 295,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 10 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 295,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 7 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 4—18, в якому діє зусилля -206,9 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ мм};$$

$$K_{f, об} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, п} = 4 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 206,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 12 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 206,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 18—6, в якому діє зусилля -123,8 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 7,5 = 9 \text{ мм};$$

$$K_{f, об} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, п} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 123,8}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 7 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 123,8}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 7 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 6—17, в якому діє зусилля 40,3 кН.

$$K_{f, \min} = 4 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ мм};$$

$$K_{f, об} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, п} = 4 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 40,3}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 40,3}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 19—3, в якому діє зусилля 62,7 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w, \text{об}} = \frac{0,7 \cdot 62,7}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

$$l_{w, \Pi} = \frac{0,3 \cdot 62,7}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 18—5, в якому діє зусилля -70,5 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w, \text{об}} = \frac{0,7 \cdot 70,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 5 \text{ см};$$

$$l_{w, \Pi} = \frac{0,3 \cdot 70,5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 3 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для стержня 17—7, в якому діє зусилля -58,7 кН.

$$K_{f, \min} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \max} = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ мм};$$

$$K_{f, \text{об}} = 5 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w, \text{об}} = \frac{0,7 \cdot 58,7}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 4 \text{ см};$$

$$l_{w, \Pi} = \frac{0,3 \cdot 58,7}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 3 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для нижнього поясу виконуємо у вузлі де є найбільша зміна зусиль. В такому випадку розглядаємо два стержні $N_{0-19} = 325,9$ кН, $N_{19-18} = 797$ кН. $797 - 325,9 = 471,1$ кН.

$$K_{f, \text{об}} = 10 \text{ мм};$$

$$K_{f, \Pi} = 5 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 471,1}{2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 12 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 471,1}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 11 \text{ см};$$

Розрахунок зварних швів для верхнього поясу виконуємо у вузлі де є найбільша зміна зусиль. В такому випадку розглядаємо два стержні $N_{3-4}=-592,9$ кН, $N_{4-5}=-939,9$ кН. $595,9-939,9=347$ кН.

$$K_{f,об}=7 \text{ мм};$$

$$K_{f,п}=5 \text{ мм};$$

$$l_{w,об} = \frac{0,7 \cdot 347}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 13 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{0,3 \cdot 347}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 8 \text{ см};$$

Результати розрахунку всіх зварних швів зведені в таблиці 7, причому наведені розрахункові значення l_w , при конструюванні вузлів можуть бути скориговані.

Для забезпечення сумісної роботи двох кутиків у кожному стержні необхідно поставити прокладки, розміри яких призначаються конструктивно. Товщина всіх прокладок однакова і дорівнює товщині вузлових фасонки 14 мм. Усі прокладки беремо шириною 80 мм, висота прокладок залежить від ширини полиць кутиків та приймається на 10...20 мм більшою від ширини полиці в кожний бік.

Відстані між прокладками приймаються не більшими від розрахункових та залежать від знака зусилля в елементі.

Для стиснутих стержнів максимальна відстань становить $a = 40 \cdot i_x$. Для стержнів 1-2, 2-3, 3-4, $a = 40 \cdot 3,82 = 152,8$ см, для стержнів 4-5, 5-6 та 6-7 $a = 40 \cdot 4,92 = 196,8$ см.

Для опорного розкосу 0-2, $a = 40 \cdot i_x = 40 \cdot 3,82 = 152,8$ см.

Для стиснутих розкосів 19-4, $a = 40 \cdot 3,03 = 121,2$ см, для стержня 18-6, $a = 40 \cdot 2,27 = 90,8$ см.

Для стояків 0-1, 19-3, 18-5, 17-7, $a = 40 \cdot i_x = 40 \cdot 1,93 = 77,2$ см. Враховуючи геометричні довжини вказаних стержнів, у кожному елементі пояса і в опорних

розкосах досить поставити по дві прокладки, а в решті стиснутих елементів решітки — по три.

Для розтягнутих елементів відстань між прокладками не повинна перевищувати $a = 80 \cdot i_x$. Для стержня нижнього пояса 0-19, $a = 80 \cdot 1,93 = 154,4$ см.

Для стержнів 19-18, 18-17, $a = 80 \cdot 3,03 = 242,4$ см (необхідно поставити по дві прокладки). Для розтягнутих розкосів 2—19, $a = 80 \cdot 2,27 = 181,6$ см, для стержнів 4-18, 6-17, $a = 80 \cdot 1,53 = 122,4$ см (дві прокладки).

2.5.3.1 Вузли зі зміною перерізів поясів (заводські стики)

Заводські стики зі зміною перерізу пояса можуть виконуватися як поза межами вузла, так і по осі вузла. У першому випадку більший кутик заводиться за центр вузла на 300...500 мм з таким розрахунком, щоб стик повністю розміщувався у панелі з меншим зусиллям. Стик розраховується на зусилля у меншому елементі пояса. При проектуванні стику по осі вузла розрахунок виконується на зусилля справа і зліва від стику.

Нижній пояс складається з двох типорозмірів - $2 \perp 63 \times 6$ ($N_1 = 325,9$ кН)

та $2 \perp 100 \times 12$ ($N_2 = 797$ кН). До вузла примикають розкоси ($2 \perp 75 \times 9$ та $2 \perp 100 \times 10$) та стояк ($2 \perp 63 \times 6$), катети та довжини зварних швів кріплення яких наведені в таблиці 7. На рисунку показане розміщення всіх елементів у вузлі та визначення розмірів фасонки і прив'язок торців стержнів до центра вузла.

Рівень нижньої поверхні меншого кутика суміщається з рівнем більшого кутика. Таке рішення викликане зручністю накладання накладки, яка перекриває зазор (50 мм) між кутиками.

Основна ідея розрахунку такого стику полягає в тому, що частка зусилля, яка припадає на шви по перу кутиків, передається через фасонку, а горизонтальна накладка та шви, якими кріпляться до неї кутики, сприймає ту частку зусилля, яка припадає на шви по обушку; площа перерізу кутика в зоні розриву компенсується площею перерізу накладки і частиною фасонки в межах подвійної висоти кутика та

розраховується за умови забезпечення несучої здатності послабленого перерізу з урахуванням коефіцієнта 1,2 на нечіткість передачі зусилля у стику.

Кутик $\perp 63 \times 6$ має ширину полиці $b = 63$ мм, товщину полиці $t = 6$ мм, відстань від зовнішньої грані до центральної осі становить $z_0 = 17,8$ мм. Кутик $\perp 100 \times 12$ має ширину полиці $b = 100$ мм, товщину полиці $t = 12$ мм, відстань від зовнішньої грані до центральної осі становить $z_0 = 29,1$ мм.

1. Стик перекриваємо двома накладками, на 15...20 мм ширшими за полиці кутика, ширина кожної накладки повинна бути не меншою як

$$b_n = (100 + 15) - 15 = 100 \text{ мм.}$$

Необхідну сумарну площу накладок за умови забезпечення несучої здатності визначаємо за формулою

$$A_n = \frac{1,2 \cdot N_{0-19}}{R_y \cdot \gamma_c} - 2 \cdot b \cdot t_\phi = \frac{1,2 \cdot 325,9}{24 \cdot 0,95} - 2 \cdot 6,3 \cdot 1 = 4,5 \text{ см}^2,$$

тобто накладки на кутики нижнього пояса приймаємо конструктивно завтовшки $t_n = 8$ мм.

На обушок кутика $\perp 63 \times 6$ припадає сила

$$N_{об} = N_{0-19} \cdot \frac{(b - z_0)}{b} = 325,9 \cdot \frac{(6,3 - 1,78)}{6,3} = 233,82 \text{ кН}$$

на перо:

$$N_n = 325,9 \cdot \frac{1,78}{6,3} = 92,07 \text{ кН}$$

Тоді при катеті шва $k_f = 6$ мм необхідні довжини швів становлять:

$$l_{w,об} = \frac{233,82}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 18} + 1 = 14 \text{ см;}$$

$$l_{w,п} = \frac{92,07}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 185} + 1 = 6 \text{ см;}$$

2. При конструюванні вузла усі розраховані значення показані на рисунку, при визначенні розмірів фасонки всі значення приймаються кратними 5 мм.

Спочатку відкладаються розміри всіх кутиків з прив'язкою до осей ферми, потім підраховується необхідна відстань між торцем правого розкошу та крайкою пояса:

$$a = 6 \cdot t_{\phi} - 20 = 6 \cdot 10 - 20 = 40 \text{ мм.}$$

Наносяться довжини розрахункових швів i , з використанням відомих залежностей між катетами і гіпотенузами прямокутних трикутників, визначається решта розмірів. При цьому потрібно відслідковувати, щоб висота фасонки в розрахунковому перерізі a — a була не меншою за розмір двох полиць кутиків $2 \cdot b = 2 \cdot 63 = 126$ мм, приймаємо 130 мм.

Довжина накладки залежить від довжини зварних швів, катет яких $k_f = 6$ мм. За розрахунком довжина кожної з двох накладок з урахуванням зазору між елементами пояса 50 мм становить $l_n = 140 + 50 + 140 = 330$ мм.

3. Крім того, слід врахувати, що безпосередньо у вузлі зварні шви, які з'єднують кутики більшого елемента з фасонкою, потрібно розраховувати на різницю зусиль в поясах, що примикають до вузла:

$$l_w = \frac{1,2 \cdot (797 - 325,9) \cdot 0,7}{2 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 18} + 1 = 22 \text{ см;}$$

Шов по перу можна не розраховувати через те, що він конструктивно завжди виявляється більшим за необхідний.

Верхній пояс складається з двох типорозмірів - $2 \perp 125 \times 12$ ($N_1 = -592,9$ кН) та $2 \perp 160 \times 14$ ($N_2 = -939,9$ кН). До вузла примикають розкоси ($2 \perp 100 \times 10$ та $2 \perp 100 \times 10$) та стояк ($2 \perp 50 \times 0$), катети та довжини зварних швів кріплення яких наведені в таблиці 7. На рисунку показане розміщення всіх елементів у вузлі та визначення розмірів фасонки і прив'язок торців стержнів до центра вузла.

Кутік $\perp 125 \times 12$ має ширину полиці $b = 125$ мм, товщину полиці $t = 12$ мм, відстань від зовнішньої грані до центральної осі становить $z_0 = 35,3$ мм. Кутік $\perp 160 \times 14$ має ширину полиці $b = 160$ мм, товщину полиці $t = 14$ мм, відстань від зовнішньої грані до центральної осі становить $z_0 = 44,7$ мм.

1. Стик перекриваємо двома накладками, на 15...20 мм ширшими за полиці кутика, ширина кожної накладки повинна бути не меншою як

$$b_n = (160 + 15) - 15 = 160 \text{ мм.}$$

Необхідну сумарну площу накладок за умови забезпечення несучої здатності визначаємо за формулою

$$A_H = \frac{1,2 \cdot N_{3-4}}{R_y \cdot \gamma_c} - 2 \cdot b \cdot t_\phi = \frac{1,2 \cdot 592,9}{24 \cdot 0,95} - 2 \cdot 12,5 \cdot 1,6 = -8,8 \text{ см}^2,$$

тобто накладки на кутики нижнього пояса приймаємо конструктивно завтовшки $t_H = 8$ мм.

На обушок кутика $\perp 125 \times 12$ припадає сила

$$N_{об} = N_{3-4} \cdot \frac{(b - z_0)}{b} = 592,9 \cdot \frac{(12,5 - 3,53)}{12,5} = 425,46 \text{ кН},$$

на перо:

$$N_{п} = 592,9 \cdot \frac{3,53}{12,5} = 167,43 \text{ кН}.$$

Тоді при катеті шва $k_f = 6$ мм необхідні довжини швів становлять:

$$l_{w,об} = \frac{425,46}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 18} + 1 = 23 \text{ см};$$

$$l_{w,п} = \frac{167,43}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 18,5} + 1 = 10 \text{ см};$$

2. При конструюванні вузла усі розраховані значення показані на рисунку, при визначенні розмірів фасонки всі значення приймаються кратними 5 мм.

Спочатку відкладаються розміри всіх кутиків з прив'язкою до осей ферми, потім підраховується необхідна відстань між торцем правого розкошу та крайкою пояса:

$$a = 6 \cdot t_\phi - 20 = 6 \cdot 16 - 20 = 76 \text{ мм}.$$

Наносяться довжини розрахункових швів i , з використанням відомих залежностей між катетами і гіпотенузами прямокутних трикутників, визначається решта розмірів. При цьому потрібно відслідковувати, щоб висота фасонки в розрахунковому перерізі $a - a$ була не меншою за розмір двох полиць кутиків $2 \cdot b = 2 \cdot 125 = 250$ мм.

Довжина накладки залежить від довжини зварних швів, катет яких $k_f = 6$ мм. За розрахунком довжина кожної з двох накладок з урахуванням зазору між елементами пояса 50 мм становить $l_H = 230 + 50 + 230 = 510$ мм.

3. Крім того, слід врахувати, що безпосередньо у вузлі зварні шви, які з'єднують кутики більшого елемента з фасонкою, потрібно розраховувати на різницю зусиль в поясах, що примикають до вузла:

$$l_w = \frac{1,2 \cdot (939,9 - 592,9) \cdot 0,7}{2 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 18} + 1 = 17 \text{ см};$$

Шов по перу можна не розраховувати через те, що він конструктивно завжди виявляється більшим за необхідний.

2.5.3.2 Монтажні (укрупнювальні) вузли

Монтажний стик ферми передбачено посередині ферми, тобто дві монтажні (відправочні) марки кроквяної ферми матимуть довжину по 18 м. Для уніфікації відправочних марок стик повинен бути повністю симетричним. Для забезпечення необхідної жорсткості при транспортуванні стик конструюється з додатковим вертикальним стояком із нульовим зусиллям.

Розраховуємо монтажний вузол верхнього пояса ферми з парних кутиків на розрізній фасонці (рисунок) при таких вихідних даних: верхній пояс запроєктований з $\perp 160 \times 14$ ($N_{6-7} = -1058$ кН), товщина напівфасонок $t_\phi = 14$ мм, $R_{wf} = 18$ кН/см², $\beta_f = 0,9$.

Монтажний стик можна розраховувати так само, як і заводський. Зусилля у поясі передається горизонтальними накладками і частково вертикальною фасонкою. Проте коли фасонка у вузлі розрізається, її стик перекривається двома вертикальними накладками.

1. Зусилля в елементах пояса N в місці розриву кутиків мають бути сприйняті умовним тавровим перерізом, який складається з горизонтальних накладок і ділянки фасонки довжиною (по висоті вузла), що дорівнює подвоєній ширині вертикально розміщених полиць поясних кутиків. Сумарна площа двох горизонтальних накладок, що входять до цього перерізу, з урахуванням збільшення зусилля N на 20 % за рахунок нечіткості роботи стику визначається за формулою:

$$\sum A_n \geq \frac{1,2 \cdot N}{R_y \cdot \gamma_c} - 2 \cdot b \cdot t_\phi = \frac{1,2 \cdot 1058}{24 \cdot 0,95} - 2 \cdot 18 \cdot 1 = 19,68 \text{ см}^2.$$

Беремо ширину кожної з накладок на 15...20 мм більшою за ширину полиці кутика (для можливості розміщення монтажних швів), а саме $b_n = 160 + 20 = 180$ мм.

Тоді їхня товщина повинна бути

$$t_n = \frac{19,68}{2 \cdot 18} = 0,54 \text{ см.}$$

Беремо товщину накладок 8 мм, тобто площа кожної з них становить $18 \cdot 0,8 = 14,4 \text{ см}^2$.

2. Довжину горизонтальних накладок призначають за умови розміщення зварних швів, якими вони кріпляться до горизонтальних полиць поясних кутиків. Зусилля, що сприймається швами з одного боку від стику, визначається за несучою здатністю цих накладок:

$$N_n = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c = 2 \cdot 14,4 \cdot 24 \cdot 0,95 = 525,31 \text{ кН.}$$

Сумарна довжина шва при $k_f = 8$ мм та $\beta_f = 0,7$ (монтажне ручне зварювання) по кожну сторону від стику:

$$l_w = \frac{525,31}{2 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 18 \cdot 0,95} + 4 = 32 \text{ см;}$$

Одержана величина l_w розподіляється порівну між двома поясними кутиками, ці шви розташовуються по перу кутика, впоперек горизонтальної полиці тільки для стиснутих поясів, та по скосах накладок. Приймаємо два шви довжиною $(20 + 5 + 10)$ см. Довжина накладок визначається після розміщення довжини швів та з урахуванням відстані між торцями кутиків у стику (див. рисунок).

3. Розрахункове зусилля для кріплення поясних кутиків до вертикальної фасонки приймається як більше із двох значень:

$$N_w = 1,2 \cdot N_{6-7} - N_n = 1,2 \cdot 1058 - 525,31 = 744,29 \text{ кН;}$$

$$N_w = 0,5 \cdot 1,2 \cdot N_{6-7} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 1058 = 634,8 \text{ кН;}$$

Шви, що сприймають ці зусилля, розміщують по перу ($k_{f,n} = 6$ мм) та по обушку $k_{f,o\bar{o}} = 10$ мм у вирізі горизонтальної накладки:

$$l_{w,п} = \frac{744,29 \cdot \left(\frac{4,47}{16}\right)}{2 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 12 \text{ см};$$

$$l_{w,об} = \frac{744,29 \cdot \left(\frac{16 - 4,47}{16}\right)}{2 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 17 \text{ см};$$

4. Товщина вертикальних накладок приймається не меншою за товщину фасонки $t_{вн}=t_{\phi}=14$ мм, ширина - з урахуванням необхідності розміщення монтажних болтів, які, як правило, приймаються М20 з діаметром отвору 22 мм, та зазору між напівфасонками 20 мм: $b_{вн} \geq 2 \cdot 1,5 \cdot 22 + 20 = 152$ мм, приймається 160 мм. Довжина вертикальних накладок приймається за більшим із значень, одержаних за трьома умовами:

- включення фасонки в роботу стику

$$h_{вн} \geq 2 \cdot b = 2 \cdot 160 = 320 \text{ мм};$$

- з конструктивних міркувань

$$h_{вн} \geq 250 \text{ мм};$$

- за розміщенням зварних швів, що прикріплюють вертикальні накладки до напівфасонок. Ці шви розраховують на зусилля

$$N_w = 1,2 \cdot N_{6-7} - N_n = 1,2 \cdot 1058 - 525,31 = 744,29 \text{ кН};$$

Беремо $k_f = 10$ мм, $\beta_f = 0,7$, тоді

$$h_{вн} = \frac{744,29}{2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 33 \text{ см}.$$

Остаточно беремо висоту вертикальних накладок 330 мм.

Монтажний стик нижнього пояса запроектований з $\perp 100 \times 12$

($N_{18-17}=1027,1$ кН), товщина напівфасонок $t_{\phi} = 14$ мм, $R_{wf} = 18$ кН/см², $\beta_f = 0,9$.

1. Сумарна площа двох горизонтальних накладок, що входять до цього перерізу, з урахуванням збільшення зусилля N на 20 % за рахунок нечіткості роботи стику визначається за формулою:

$$\sum A_n \geq \frac{1,2 \cdot N}{R_y \cdot \gamma_c} - 2 \cdot b \cdot t_{\phi} = \frac{1,2 \cdot 1027,1}{24 \cdot 0,95} - 2 \cdot 12 \cdot 1 = 30,05 \text{ см}^2.$$

Беремо ширину кожної з накладок на 15...20 мм більшою за ширину полиці кутика (для можливості розміщення монтажних швів), а саме $b_n = 100 + 20 = 120$ мм.

Тоді їхня товщина повинна бути $t_n = \frac{30,05}{2 \cdot 12} = 1,25$ см.

Беремо товщину накладок 8 мм, тобто площа кожної з них становить $18 \cdot 1,4 = 16,8$ см².

Довжину горизонтальних накладок призначають за умови розміщення зварних швів, якими вони кріпляться до горизонтальних полиць поясних кутиків. Зусилля, що сприймається швами з одного боку від стику, визначається за несучою здатністю цих накладок:

$$N_n = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c = 2 \cdot 16,8 \cdot 24 \cdot 0,95 = 612,86 \text{ кН.}$$

Сумарна довжина шва при $k_f = 8$ мм та $\beta_f = 0,7$ (монтажне ручне зварювання) по кожному боку від стику:

$$l_w = \frac{612,86}{2 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 18 \cdot 0,95} + 4 = 36 \text{ см;}$$

3. Розрахункове зусилля для кріплення поясних кутиків до вертикальної фасонки приймається як більше із двох значень:

$$N_w = 1,2 \cdot N_{18-17} - N_n = 1,2 \cdot 1027,1 - 612,86 = 619,66 \text{ кН;}$$

$$N_w = 0,5 \cdot 1,2 \cdot N_{18-17} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 1027,1 = 616,26 \text{ кН;}$$

Шви, що сприймають ці зусилля, розміщують по перу ($k_{f,n} = 6$ мм) та по обушку $k_{f,об} = 10$ мм у вирізі горизонтальної накладки:

$$l_{w,n} = \frac{619,66 \cdot \left(\frac{2,91}{10}\right)}{2 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 10 \text{ см;}$$

$$l_{w,об} = \frac{619,66 \cdot \left(\frac{10 - 2,91}{10}\right)}{2 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 14 \text{ см;}$$

4. Товщина вертикальних накладок приймається не меншою за товщину фасонки $t_{en} = t_{\phi} = 14$ мм, ширина - з урахуванням необхідності розміщення

монтажних болтів, які, як правило, приймаються М20 з діаметром отвору 22 мм, та зазору між напівфасонками 20 мм: $b_{вн} \geq 2 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 22 + 20 = 152$ мм, приймається 160 мм. Довжина вертикальних накладок приймається за більшим із значень, одержаних за трьома умовами:

- включення фасонки в роботу стику

$$h_{вн} \geq 2 \cdot b = 2 \cdot 100 = 200 \text{ мм};$$

- з конструктивних міркувань

$$h_{вн} \geq 250 \text{ мм};$$

- за розміщенням зварних швів, що прикріплюють вертикальні накладки до напівфасонок. Ці шви розраховують на зусилля

$$N_w = 1,2 \cdot N_{18-17} - N_H = 1,2 \cdot 1027,1 - 612,86 = 619,66 \text{ кН};$$

Беремо $k_f = 10$ мм, $\beta_f = 0,7$, тоді

$$h_{вн} = \frac{619,66}{2 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 0,95} + 1 = 27 \text{ см}.$$

Остаточно беремо висоту вертикальних накладок 270 мм.

Розрахунок опорного вузла.

В даному випадку ферма з парних кутиків шарнірно опирається на сталеву колону зверху. Вертикальна реакція ферми дорівнює +375,9 кН. Товщина вузлових фасонок $t_f = 14$ мм. Фасонки ферм належать до 1-ї групи конструкцій, тому беремо сталь С255 ($R_y = 24$ кН/см², $R_p = 36$ кН/см²). Коефіцієнт умов роботи опорного фланця $\gamma_c = 1,0$. Опорний вузол зображений на кресленні.

Ферма має висхідний опорний розкіс, що визначає передачу опорної реакції в рівні нижнього пояса. Фасонка нижнього опорного вузла має опорний фланець А, який для чіткості передачі реакції виступає нижче фасонки на 10...20 мм, але не більш як на $1,5 \cdot t_A$. Торцева поверхня опорного фланця фрезерується і вільно розташовується на струганій поверхні опорної плити оголовка колони.

Кріплення опорного фланця здійснюється до опорного стояка з прокатного двотавра, номер якого залежить від розмірів перерізу колони і прив'язки її до координаційної осі будівлі. Фланець кріпиться до опорного стояка шістьма монтажними болтами, діаметр яких у разі шарнірного обпирання ферми

призначається конструктивно, звичайно 20 мм. У рівні верхнього пояса кріплення здійснюється двома монтажними болтами на овальних отворах до вертикальної фасонки, яка приварена до опорного стояка. До цього вузла примикають елементи ферми з нульовими зусиллями, тому розміри всіх деталей вузла призначаються конструктивно.

Беремо опорний стояк з прокатного або складеного двотавра, у якого $b_f > 150$ мм, монтажні болти $d = 20$ мм, діаметр отворів під болти $d_o = 22$ мм.

1. Розміри опорних фасонки нижніх опорних вузлів приймають виходячи з умови розміщення зварних швів, що прикріплюють пояс та опорний розкіс, таблиця 7, товщина фасонки $t_\phi = 14$ мм призначається за значенням зусилля в опорному розкосі.

2. З умови роботи торця опорного фланця на зминання площа його поверхні зминання повинна бути не меншою як

$$b_a \cdot t_a = \frac{V}{R_p \cdot \gamma_c} = \frac{375,9}{36 \cdot 1} = 10,44 \text{ см}^2.$$

Розміри b_A і t_A мають відповідати таким конструктивним вимогам: $t_A \geq t_\phi = 14$ мм, з умови розміщення болтів з отворами $d_o = 22$ мм $b_A \geq 6 \cdot d_o + t_\phi = 6 \cdot 22 + 14 = 146$ мм. Крім того, необхідно забезпечити місцеву стійкість опорного фланця:

$$\frac{b_A}{t_A} \leq \sqrt{\frac{E}{R_y}} = \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^5}{240}} = 29,2$$

Візьмемо $b_A = 150$ мм, $t_A = 14$ мм. У цьому разі площа торця фланця

$$15 \cdot 1,4 = 21,0 \text{ см}^2 > 10,44 \text{ см}^2, \text{ а відношення } \frac{b_A}{t_A} = \frac{150}{14} = 10,7 < 29,2.$$

Усі конструктивні умови також витримані.

3. Довжина фланця l_A призначається за умови розміщення двобічних кутових швів і пов'язується з відповідним розміром опорної фасонки ферми. З'єднання елементів напівавтоматичне, виконується зварювальним дротом Св-08А. Задаємось катетом шва $k_f = 10$ мм. Розрахункові характеристики зварних швів: $\beta_f = 0,9$, $\beta_z = 1,0$, $R_{wf} = 180$ МПа, $R_{wz} = 0,45 \cdot 370 = 166,5$ МПа (для сталі С255 при товщині 2.. 20 мм $R_{um} = 370$ МПа).

Оскільки $\beta_f \cdot R_{wf} = 0,9 \cdot 180 = 162 \text{ МПа} < \beta_z \cdot R_{wz} = 1,0 \cdot 166,5 = 166,5 \text{ МПа}$, то розрахунок виконується тільки за металом шва:

$$l_A \geq l = \frac{V}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 = \frac{375,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 13 \text{ см.}$$

Розміри фасонки для кріплення елемента верхнього пояса призначають конструктивно, причому розмір b_b має забезпечувати напуск фасонки ферми не менш ніж на $3d_0 = 3 \cdot 22 = 66 \text{ мм}$. Товщина $t_A \geq t_\phi$, а довжина l_b обирається з урахуванням розміщення монтажних болтів і довжини фасонки верхнього пояса.

Розділ 3

Спеціальна частина

Подальші розрахунки будемо вести в програмному комплексі Autodesk Robot.

Для визначення нової задачі використовуємо геометричну схему, яка була запроєктована в другому розділі. Також, в цій програмі, будемо порівнювати декілька варіантів в розрізній та нерозрізній системах.

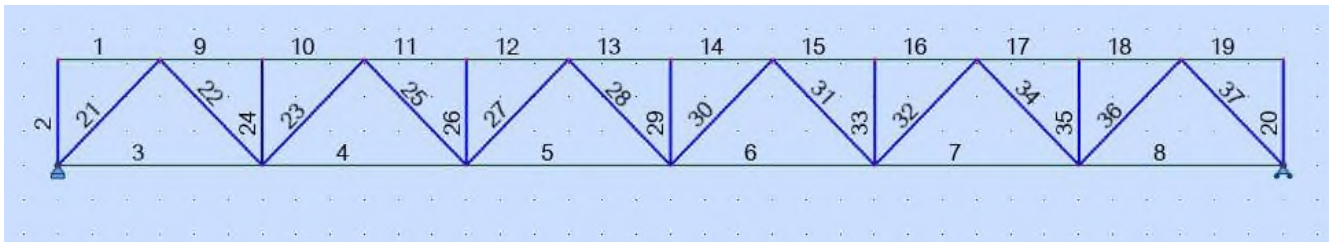


Рисунок 3.1 Нумерація

3.1 Параметри генерації РСН ферма 1 прольот С245

Тип поєднань: повна;

Список активних навантажень:

1: Власна вага	пост_1.0	G1	1.00DL1
2: Постійні	пост_1.0	G1	1.00DL11
3: Снігові	пост_1.0	G1	1.00DL3

Список шаблонів комбінацій навантажень:

PC1ShortTerm <=2

PC1ShortTerm >=3

PC2ShortTerm <=2

PC2ShortTerm >=3

PC1Seismic

PC2Seismic

PC0Accidental

Список створених груп:

постійна:G1

Список створених відносин: постійна:G1

Витрати

Тип	Кількість	Довжина (м)	Вага (кг/м)	Вага стержня (кг)	Загальна вага (кг)	Площа фарбування (м2)
C245						
LL 10x80x10	6	6.00	23.76	142.56	855	23.04
LL 10x100x10	7	3.10	30.20	93.62	655	17.36
LL 10x100x10	12	4.32	30.20	130.46	1566	41.47
LL 10x120x10	12	3.00	36.48	109.44	1313	34.56
Підсумковий						
LL 10x80x10	6	36.00	23.76	855.36	855	23.04
LL 10x100x10	19	73.54	30.20	2220.91	2221	58.83
LL 10x120x10	12	36.00	36.48	1313.28	1313	34.56
Всього					4390	116.43

Навантаження

Навантаження	Тип навантаження	Специфікація	Значення навантаження
1	власна вага	1до37	PZ Від'ємний коефіцієнт=1.00
2	сила в вузлі	3 10до12	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	13до17	FZ=-38.07(кН)
2	сила в вузлі	4 18до20	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	13до20	FZ=-38.07(кН)
3	сила в вузлі	3 4 10до20	FZ=-27.82(кН)

Стержні

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Січення	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
1	3	10	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
2	1	3	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
3	1	5	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Січення	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
4	5	6	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
5	6	7	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
6	7	8	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
7	8	9	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
8	9	2	LL 10x8-0x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
9	10	11	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
10	11	12	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
11	12	13	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
12	13	14	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
13	14	15	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
14	15	16	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
15	16	17	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
16	17	18	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
17	18	19	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
18	19	20	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
19	20	4	LL 10x1-20x10	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
20	2	4	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
21	1	10	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
22	10	5	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
23	5	12	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
24	5	11	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
25	12	6	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
26	6	13	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
27	6	14	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
28	14	7	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Січення	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
29	7	15	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
30	7	16	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
31	16	8	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
32	8	18	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
33	8	17	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
34	18	9	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
35	9	19	LL 10x1-00x10	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
36	9	20	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
37	20	2	LL 10x1-00x10	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень

Комбінації

Поєднання	Найменування	Тип розрахунку	Тип перерізу	Тип навантаження
4 (С)	PCY1	Лінійне поєднання	ПС1	пост_1.0

Поєднання	Визначення
4 (С)	(1+2+3)*1.10

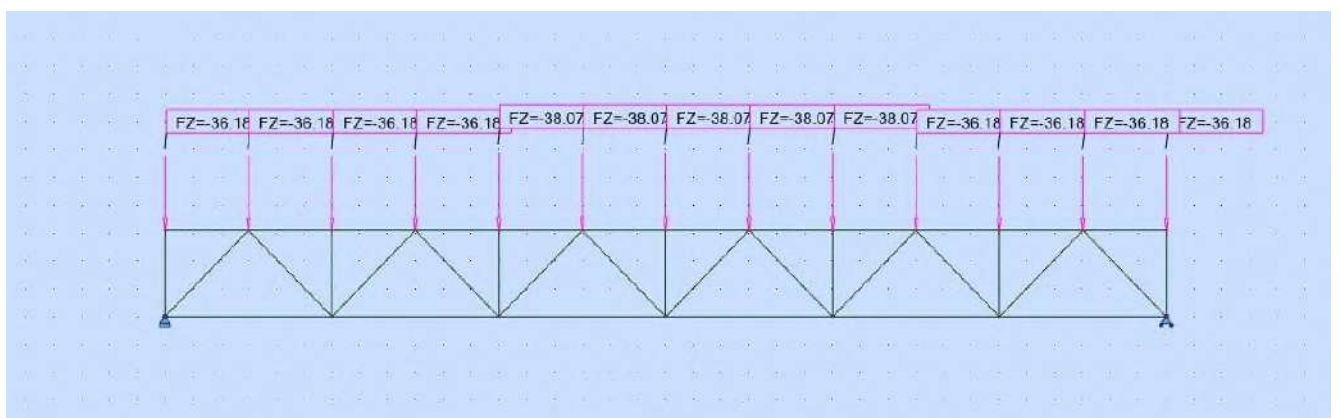


Рисунок 3.2 Прикладання постійних зусиль

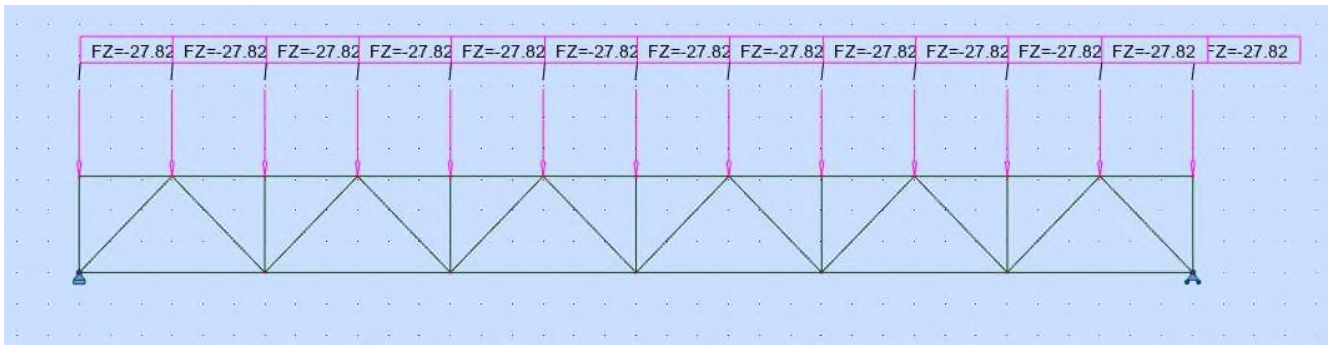


Рисунок 3.3 Прикладання снігових зусиль

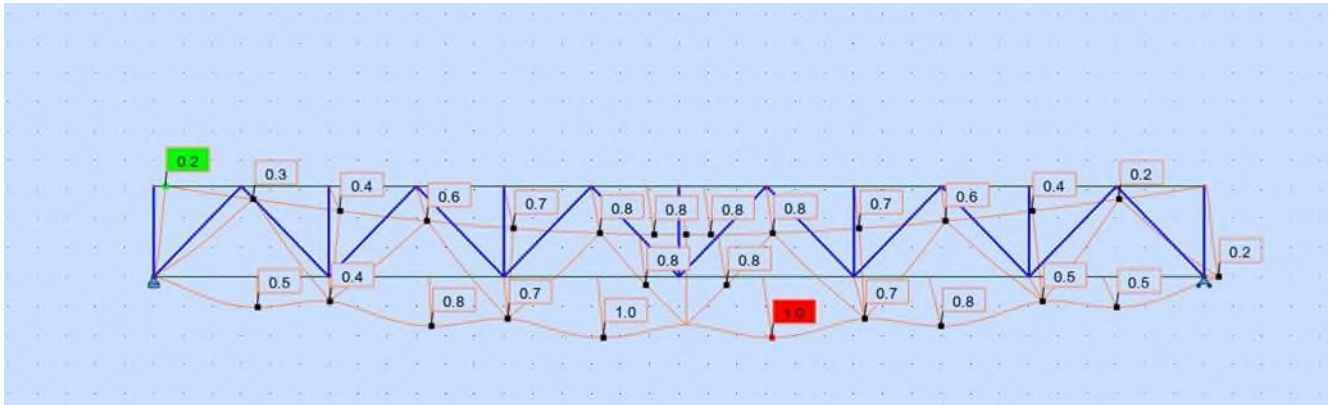


Рисунок 3.4 Деформація

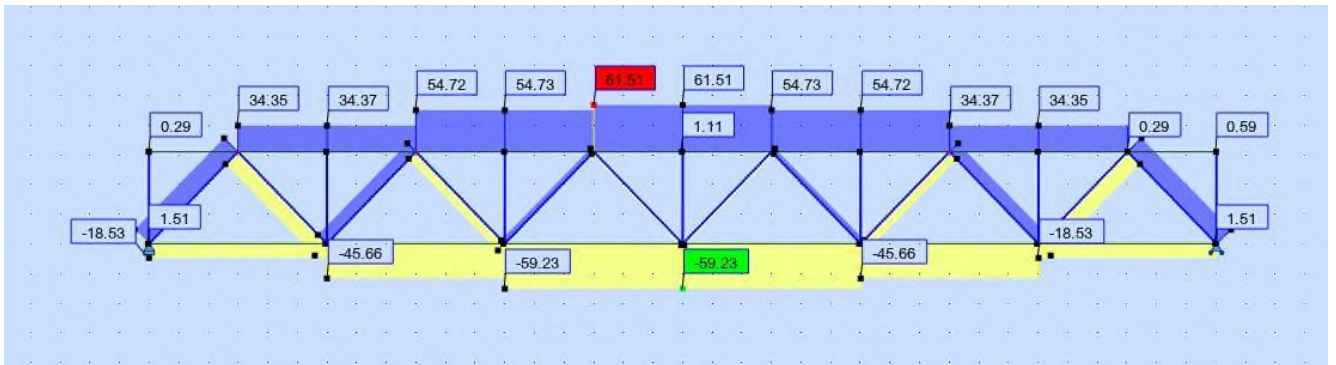


Рисунок 3.5 Епюра нормальних сил

Реакції: Значення, Переміщення: Значення, Зусилля: Значення, наведені в додатку А.

3.2 Параметри генерації РСН ферма 1-2 прольот С245

Стержні, Навантаження, Комбінації, Реакції: значення наведені в додатку Б.

Витрати

Тип	Кількість	Довжина (м)	Вага (кг/м)	Вага стержня (кг)	Загальна вага (кг)	Площа фарбування (м ²)
С245						
LL 6x100x7	6	3.00	21.58	64.74	388	14.40
LL 12x150x10	12	6.00	46.04	276.24	3315	86.40
LL 14x110x8	18	3.00	27.00	81.00	1458	47.52
LL 14x110x8	13	3.10	27.00	83.70	1088	35.46
LL 14x110x8	24	4.32	27.00	116.64	2799	91.24
Підсумковий						
LL 6x100x7	6	18.00	21.58	388.44	388	14.40
LL 12x150x10	12	72.00	46.04	3314.88	3315	86.40
LL 14x110x8	55	197.98	27.00	5345.46	5345	174.22
Всього					9049	275.02

3.3 Параметри генерації РСН ферма 1-2 прольот С345

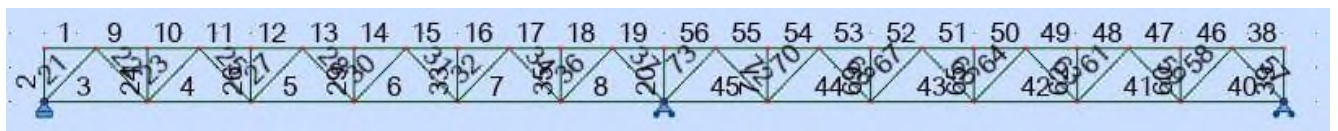


Рисунок 3.6 Нумерація

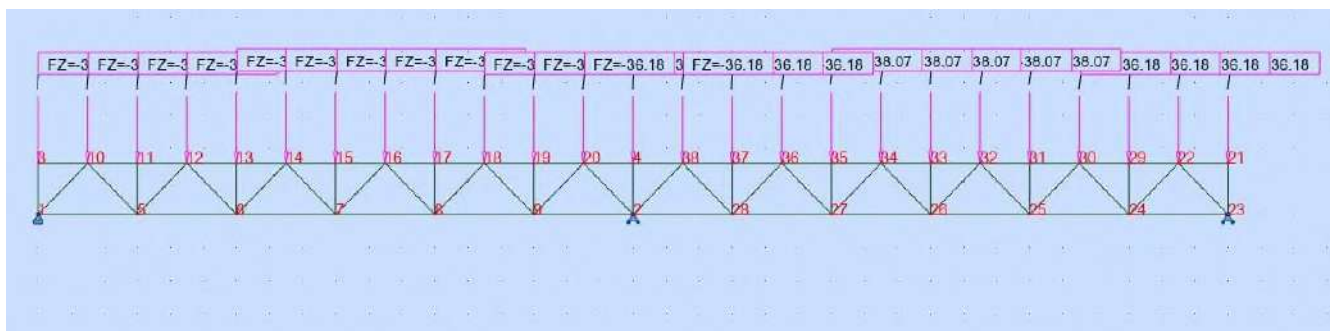


Рисунок 3.7 Прикладання постійних навантажень

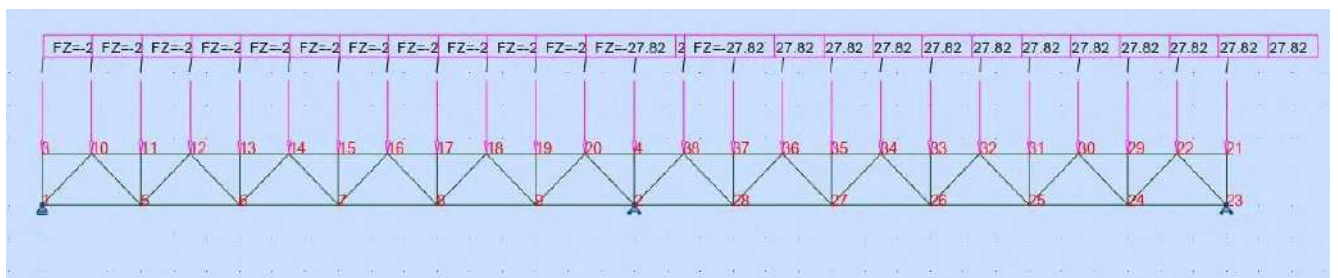


Рисунок 3.8 Прикладання снігових навантажень

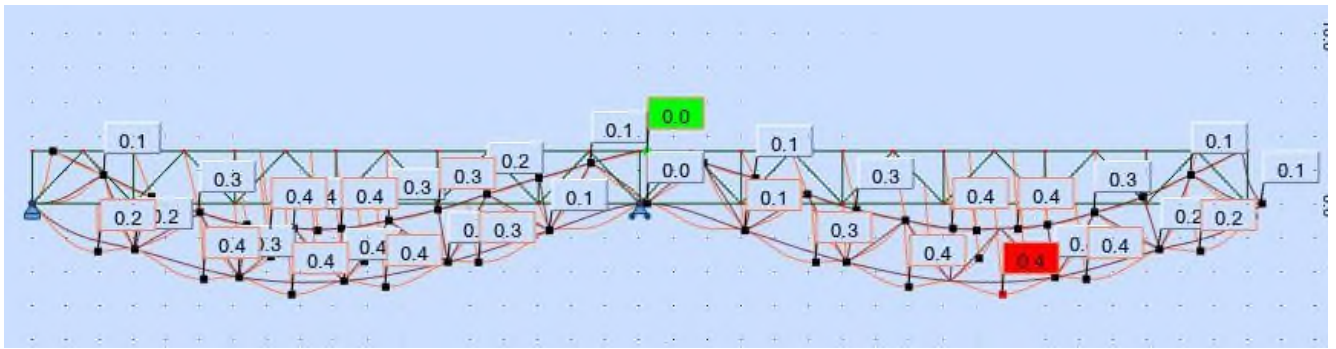


Рисунок 3.9 Деформація

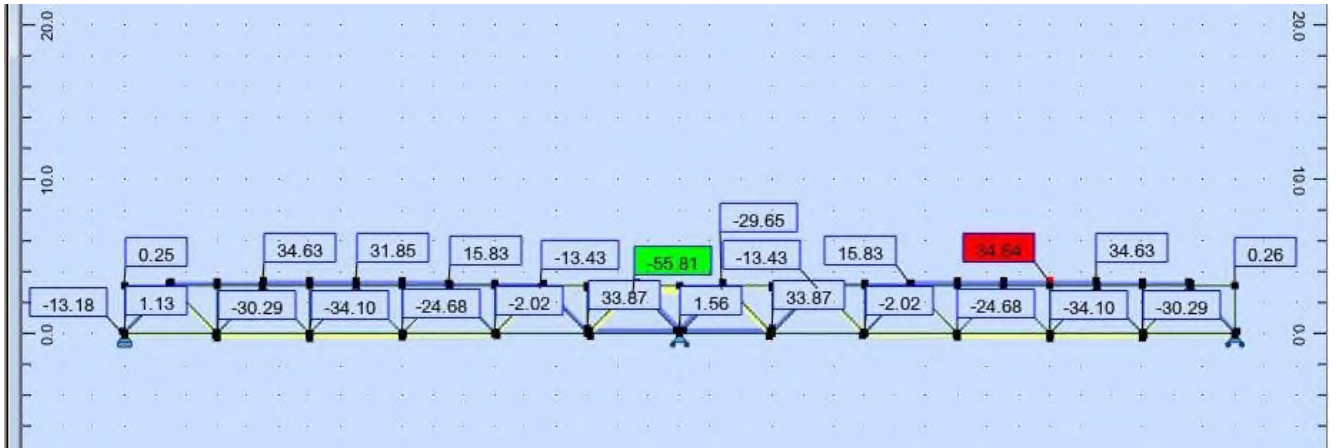


Рисунок 3.9 Нормальні зусилля

Тип поєднань: повна;

Список активних навантажень:

1: Власна вага	пост_1.0	G1	1.00DL1
2: Постійні	пост_1.0	G1	1.00DL11
3: Снігові	пост_1.0	G1	1.00DL3

Список шаблонів комбінацій навантажень:

PC1ShortTerm <=2

PC1ShortTerm >=3

PC2ShortTerm <=2

PC2ShortTerm >=3

PC1Seismic

PC2Seismic

PC0Accidental

Список створених груп:

постійна:G1

Список створених відносин: постійна:G1

Стержні

Переріз	Перелік стержнів	AX (см2)	AY (см2)	AZ (см2)	IX (см4)	IY (см4)	IZ (см4)
LL 12x150x10	3до8 40до45	58.66	0.0	0.0	19.33	1269.52	2548.83
LL 14x110x8	39	34.40	0.0	0.0	7.24	396.34	867.28
LL 14x110x7	1 2 9до38 46до73	30.30	0.0	0.0	4.87	351.22	757.11

Матеріал

	Матеріал	E (МПа)	G (МПа)	NI	LX (1/°C)	RO (кН/м3)	Re (МПа)
1	C245	206000.00	80800.00	0.30	0.00	77.01	240.00
2	СТАЛЬ	206000.00	80800.00	0.30	0.00	77.01	215.00
3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	C345	206000.00	80800.00	0.30	0.00	77.01	320.00

Витрата

Тип	Кількість	Довжина (м)	Вага (/м)	Вага стержня (кг)	Загальна вага (кг)	Площа фарбування (м2)
C245						
LL 12x150x10	12	6.00	46.04	276.24	3315	86.40
LL 14x110x8	1	3.10	27.00	83.70	84	2.73
Підсумковий						
LL 12x150x10	12	72.00	46.04	3314.88	3315	86.40
LL 14x110x8	1	3.10	27.00	83.70	84	2.73
Всього					3399	89.13
C345						
LL 14x110x7	24	3.00	23.78	71.34	1712	63.36
LL 14x110x7	12	3.10	23.78	73.72	885	32.74
LL 14x110x7	24	4.32	23.78	102.73	2466	91.24
Підсумковий						
LL 14x110x7	60	212.88	23.78	5062.29	5062	187.33
Всього					5062	187.33

Розділ 4

Економічна частина

Для порівняння використовуємо дві двохпрольотних ферми, геометричні розміри яких ідентичні. Перша ферма – розрізна, друга – нерозрізна.

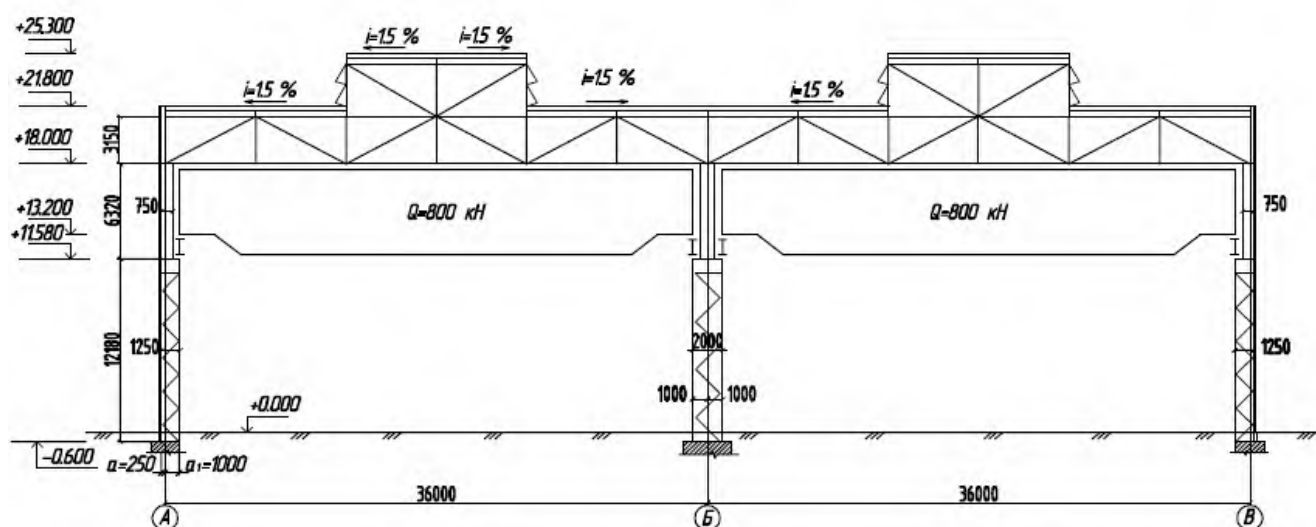


Рисунок 4.1 Компонівка поперечної рами.

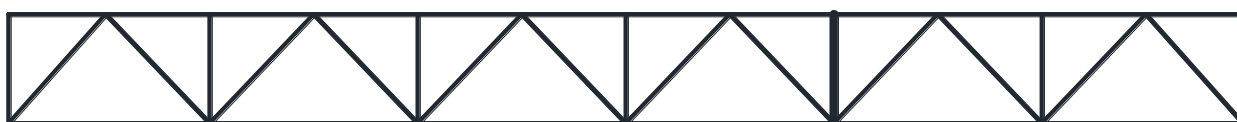


Рисунок 4.2 Сегментна ферма

4.1 Виготовлення розрізної ферми прольотом 36м

Форма № 4

Будова - Виготовлення розрізної ферми прольотом 36 м

Шифр проекту - 1

Локальний кошторис № 2-1-1 на Виготовлення розрізної ферми прольотом 36м

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість	108,282 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість	0,066 тис.люд.- год.
Кошторисна заробітна плата	0,946 тис. грн.
Середній розряд робіт	5,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "01 грудня" 2019 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції норматив у	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кіль- кість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.- год.	
				всього	експлуа- тації машин	всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин	не зайнятих обслуго- вуванням машин	
									заробіт- ної плати	в тому числі за- робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

1	C111-1829	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 125x12 мм	1,0734	<u>22213,8</u> 5 --	- -	23844	-	- -	- -	- -
			T							
2	C111-1829 варіант 2	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 160x14 мм	1,2568	<u>26243,8</u> 5 --	- -	32983	-	- -	- -	- -
			T							
3	C111-1827	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 100x12 мм	0,8728	<u>19876,4</u> 5 --	- -	17348	-	- -	- -	- -
			T							
4	C111-1827	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 100x10 мм	0,2272	<u>19876,4</u> 5 --	- -	4516	-	- -	- -	- -
			T							
5	C111-1827 варіант 1	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 75x9 мм	0,3096	<u>21206,3</u> 5 --	- -	6565	-	- -	- -	- -
			T							
6	C111-1828 варіант 1	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 63x6 мм	0,2676	<u>18788,3</u> 5 --	- -	5028	-	- -	- -	- -
			T							
7	C111-1828 варіант 1	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 50x5 мм	0,1176	<u>18788,3</u> 5 --	- -	2210	-	- -	- -	- -
			T							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	C111-1815	Прокат листовий гарячекатаний загального призначення з вуглецевої сталі марки Ст3сп звичайної якості, 14.0 мм (1.50x6.00) Т	0,63074	<u>18183,8</u> 5	-	11469	-	-	-	-
9	ЖР1-881-7	Різка листового металу апаратом для ручного електродугового зварювання, товщина металу до 16 мм 1	25	<u>81,11</u> 19,04	<u>8,67</u> 0,37	2028	476	<u>217</u> 9	<u>1,42</u> 0,03	<u>36</u> 1
10	ЖР1-8-7	Ручне електродугове зварювання з'єднань вуглецевої і низьколегованої сталі, шви С13, С14; товщина металу до 16 мм 10 м шва	2	<u>339,62</u> 119,48	<u>57,20</u> 2,42	679	239	<u>114</u> 5	<u>8,91</u> 0,17	<u>18</u> -
11	E13-16-1	Грунтування металевих поверхонь за один раз грунтовкою ХС-010 100м2	1,15	<u>343,91</u> 56,80	<u>11,91</u> 1,30	395	65	<u>14</u> 1	<u>3,53</u> 0,10	<u>4</u> -
12	E13-26-1	Фарбування металевих погрунтованих поверхонь емаллю ЕП-140 100м2	1,15	<u>529,13</u> 37,29	<u>11,91</u> 1,30	608	43	<u>14</u> 1	<u>2,35</u> 0,10	<u>3</u> -
Разом прямі витрати по кошторису, грн.						107673	823	<u>359</u> 16		<u>61</u> 1

в тому числі:	
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	106491
всього заробітна плата, грн.	839
Загальновиробничі витрати, грн.	609
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.	4
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	107

Прямі витрати будівельних робіт , грн.	104966
в тому числі:	
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	104830
заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн.	108
заробітна плата в експлуатації машин, грн.	2
Загальновиробничі витрати, грн.	79
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	13
Всього кошторисна вартість будівельних робіт , грн.	105045
кошторисна трудоємність, люд.-год.	7
кошторисна заробітна плата, грн.	123

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

		Прямі витрати монтажних робіт , грн.				2707				
		в тому числі:								
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.				1661				
		заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн.				715				
		заробітна плата в експлуатації машин, грн.				14				
		Загальновиробничі витрати, грн.				530				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.				4				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.				94				
		Всього кошторисна вартість монтажних робіт , грн.				3237				
		кошторисна трудоємність, люд.-год.				59				
		кошторисна заробітна плата, грн.				823				

		Всього по кошторису, грн.				108282				
		Кошторисна трудоємність, люд.-год.				66				
		Кошторисна заробітна плата, грн.				946				

Склав Зубенко Д.М.

Перевірив Підгурський М.І.

4.2 Виготовлення нерозрізної ферми прольотом 36м

Форма № 4

Будова - Виготовлення розрізної ферми прольотом 36 м
Шифр проекту - 1

Локальний кошторис № 2-1-2 на Виготовлення нерозрізної ферми прольотом 36м

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 102,223 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,065 тис.люд.-
год.
Кошторисна заробітна плата 0,938 тис. грн.
Середній розряд робіт 5,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на “25 грудня” 2019 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції норматив у	Найменування робіт і витрат, одиниця виміру	Кіль- кість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.- год.	
				всього	експлуа- тації машин	всього	заробіт- ної плати	експлуа- тації машин	не зайнятих обслуго- вуванням машин	
									заробіт- ної плати	в тому числі за- робітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	C111- 1829	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 125x12 мм	1,0734	22213,8 5 --	- - -	23844	-	- -	- -	- -

2	C111-1829 варіант 2	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 160x12 мм	Т 1,07832	<u>26243,8</u> 5 --	- -	28299	-	- -	- -	- -
3	C111-1827	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 100x12мм	Т 0,8728	<u>19876,4</u> 5 --	- -	17348	-	- -	- -	- -
4	C111-1827	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 100x10 мм	Т 0,2272	<u>19876,4</u> 5 --	- -	4516	-	- -	- -	- -
5	C111-1827 варіант 1	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 75x9 мм	Т 0,3096	<u>21206,3</u> 5 --	- -	6565	-	- -	- -	- -
6	C111-1828 варіант 1	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 63x6 мм	Т 0,2676	<u>18788,3</u> 5 --	- -	5028	-	- -	- -	- -
7	C111-1828	Прокат кутовий рівнополічковий із сталі марки Ст3сп, 50x2,5 мм	Т 0,0396	<u>22294,4</u> 5 --	- -	883	-	- -	- -	- -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	C111-1815	Прокат листовий гарячекатаний загального призначення з вуглецевої сталі марки Ст3сп звичайної якості, 14.0 мм (1.50x6.00) Т	0,63074	<u>18183,8</u> 5	-	11469	-	-	-	-
9	ЖР1-881-7	Різка листового металу апаратом для ручного електродугового зварювання, товщина металу до 16 мм 1	25	<u>81,11</u> 19,04	<u>8,67</u> 0,37	2028	476	<u>217</u> 9	<u>1,42</u> 0,03	<u>36</u> 1
10	ЖР1-8-7	Ручне електродугове зварювання з'єднань вуглецевої і низьколегованої сталі, шви С13, С14; товщина металу до 16 мм 10 м шва	1,95	<u>339,62</u> 119,48	<u>57,20</u> 2,42	662	233	<u>112</u> 5	<u>8,91</u> 0,17	<u>17</u> -
11	E13-16-1	Грунтування металевих поверхонь за один раз грунтовкою ХС-010 100м2	1,12	<u>343,91</u> 56,80	<u>11,91</u> 1,30	385	64	<u>13</u> 1	<u>3,53</u> 0,10	<u>4</u> -
12	E13-26-1	Фарбування металевих погрунтованих поверхонь емаллю ЕП-140 100м2	1,12	<u>529,13</u> 37,29	<u>11,91</u> 1,30	593	42	<u>13</u> 1	<u>2,35</u> 0,10	<u>3</u> -
		Разом прямі витрати по кошторису, грн.				101620	815	<u>355</u> 16		<u>60</u> 1

в тому числі:	
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	100450
всього заробітна плата, грн.	831
Загальновиробничі витрати, грн.	603
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.-год.	4
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	107

Прямі витрати будівельних робіт , грн.	98930
в тому числі:	
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.	98798
заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн.	106
заробітна плата в експлуатації машин, грн.	2
Загальновиробничі витрати, грн.	77
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.	13
Всього кошторисна вартість будівельних робіт , грн.	99007
кошторисна трудоємність, люд.-год.	7
кошторисна заробітна плата, грн.	121

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		----- ----- Прямі витрати монтажних робіт , грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. заробітна плата робітників, не зайнятих обслуговуванням машин, грн. заробітна плата в експлуатації машин, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.-год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього кошторисна вартість монтажних робіт , грн. кошторисна трудомісткість, люд.-год. кошторисна заробітна плата, грн. ----- ----- Всього по кошторису, грн.				2690 1652 709 14 526 4 94 3216 58 817 102223				
		Кошторисна трудомісткість, люд.-год. Кошторисна заробітна плата, грн.				65 938				

Склав Зубенко Д.М.

Перевірів Підгурський М.І.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ

5.1 Монтаж колон

Роботи з монтажу металевих колон виконуються механізованою бригадою в одну зміну.

До складу робіт, що виконуються послідовно при монтажі металевих колон, входять такі операції:

- підготовка під монтаж металевих колон фундаментів;
- геодезична розмітка положення колон на фундаментах;
- оббудовування колон монтажними драбинами і підмостками;
- монтаж металевих колон на фундаменти;
- вивірка та закріплення в проектне положення металевих колон.

Для монтажу застосовуються колони К - 1, К - 2, КФ – 1.

Монтаж металевих колон здійснюють обов'язково відповідно до державних будівельних норм.

Розвантаження і складування металевих колон на об'єкті здійснюється автомобільним краном, попередньо вибраним КС-55727-С-12 за допомогою декількох робочих, з бригади монтажників.

Забороняється скидати металеві колони з автомобілів або тягнути їх по різній поверхні. За час навантажувальних робіт слід застосовувати м'які стропи.

При вантажно-розвантажувальних будівельних роботах, транспортуванні автомобільним транспортом і зберіганні металеві колони необхідно завжди оберігати від різних механічних пошкоджень. Деформовані конструкції слід виправити способом холодної або гарячої правки.

Складують металеві колони на зазвичай відкритих, завчасно спланованих майданчиках, влаштованих з щебеневого покриття або влаштованих з піску (висота

дорівнює 5 ... 10 см) в штабелях, обов'язково в горизонтальному положенні, в два-три яруси.

Прокладки між металевими колонами укладаються обов'язково одна над одною. Перетин прокладок та різних підкладок зазвичай квадратний, зі сторонами не менше 25 см. Розміри підбирають зазвичай з таким розрахунком, щоб вище розміщені колони не спиралися на виступаючі частини нижче лежачих колон.

Складальні зони поділяють наскрізними проходами, які влаштовують шириною не менше 1,0 м обов'язково через кожні два або три штабелі в поздовж та в поперечному напрямку через 25 м.

Для вільного проходу до всіх торців виробів між влаштованими штабелями влаштовують так звані розриви, які дорівнюють - 0,7 м.

Колони з штабелів розкладають в монтажній зоні таким чином, щоб монтажний кран з однієї стоянки міг без жодної зміни вильоту своєї стріли встановлювати їх у робоче положення. Колони укладаються на підкладки зазвичай дерев'яні в один ряд, влаштовують монтажні драбини і підмостки, необхідні для монтажу наступних конструкцій.

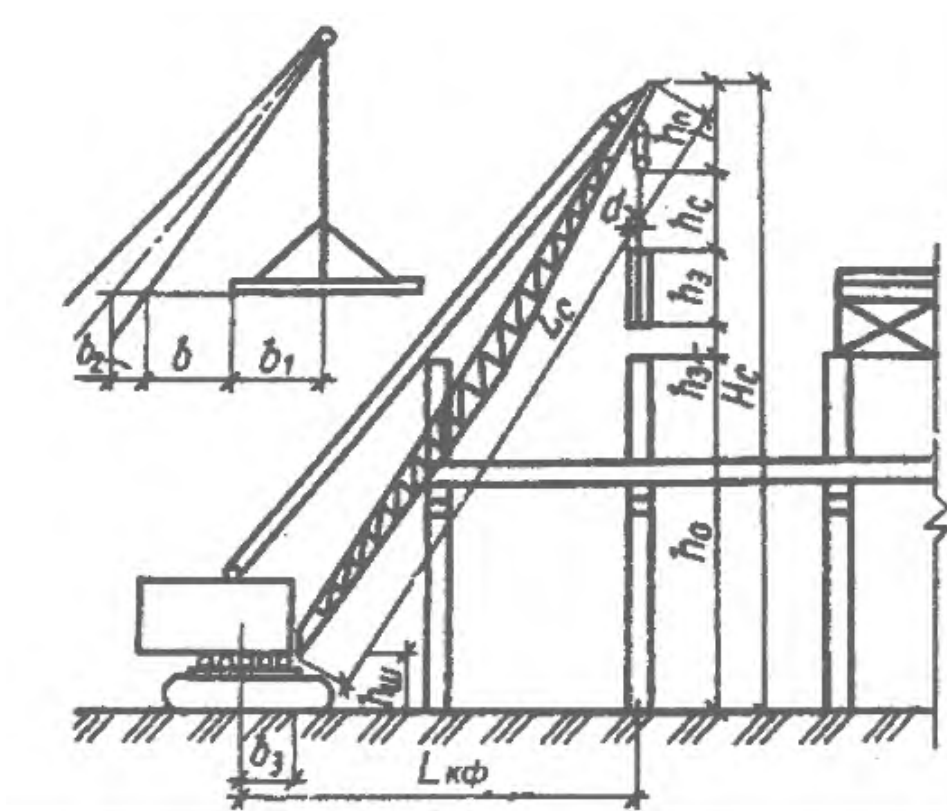


Рисунок 5.1 До визначення основних характеристик крана

Монтовані металеві конструкції визначаються монтажною вагою, монтажною розрахунковою висотою і потрібним вильотом стріли. Вибір монтажного крана починають шляхом знаходження трьох загальних та основних характеристик: потрібної висоти підйому кранового гака (монтажна висота), вантажопідйомності (монтажна вага) і вильоту стріли.

Вантажопідйомність крана на заданій висоті і вильоту вантажного гака знаходять за формулою:

$$Q_{кр} = g_e + g_c \quad (5.1)$$

де g_e – маса елемента, що монтується;

g_c – маса вантажопідйомного пристрою.

$$Q_{кр} = 6 + 0,166 + 0,115 + 0,0605 = 6,34 \text{ т}$$

Мінімальна необхідна відстань, яка враховує довжину від рівня стоянки монтажного крана до найвищої точки оголовка стріли знаходять з виразу:

$$H_c = h_o + h_3 + h_c + h_{п} + h_e \quad (5.2)$$

де h_o - відстань від низу стоянки крана до низу збірного елемента, м;

h_3 - запас по висоті, м;

h_c - висота захватного пристрою, м;

h_e – висота монтуемого елемента, в положенні підйому, м;

$h_{п}$ - висота поліспасти у закритому положенні, м.

$$H_c = 0 + 0,5 + 2 + 18 + 1 = 21,5 \text{ м.}$$

Необхідний виліт гака, виходячи з необхідної висоти підйому визначають за формулою:

$$L_{кр} = \frac{(b + b_1 + b_2) + (H_c - h_{п})}{h_{п} + h_c} + b_3 \quad (5.3)$$

де b - мінімальний зазор між стрілою і монтуємим елементом або раніше змонтованої конструкцією рівний 0,5-1,0 м;

b_1 - половина довжини (або ширини), елемента що монтується;

b_2 - половина товщини стріли;

b_3 - відрізок від осі обертання монтажного крана до осі повороту кранової стріли, м.

$$L_{кр} = \frac{(0,5 + 9 + 0,2) + (21,5 - 1)}{1 + 2} + 0,2 = 10,26 \text{ м.}$$

Необхідну довжину стріли визначають з виразу:

$$L_{стр} = \sqrt{(L_{кр} - b_3)^2 + (H_c - h_{ш})^2} \quad (5.4)$$

$$L_{стр} = \sqrt{(10,26 - 0,2)^2 + (21,5 - 3,9)^2} = 20,27 \text{ м.}$$

За отриманими результатами заданий попередньо кран повністю задовольняє всі умови.



Рисунок 5.2 Вигляд крана

Модернізовані автомобільні монтажні крани вантажопідйомністю до 25 т КС-55727-С-12 на базі шасі МАЗ-6312В3 призначені для виконання будівельних

вантажно-розвантажувальних робіт та монтажних з різними вантажами на різних об'єктах. Крани компактні, а також маневрені і найголовніше, збалансовані по масі.

Посилена чотирьохсекційна кранова стріла довжиною не більше 10,08 метрів у втягнутому вигляді забезпечує крану компактність, а найголовніше велику маневреність при переїздах, в режимі повного висунутого стану стріли 28,08 метрів - велику робочу зону і велику висоту переміщення різного вантажу при роботі.

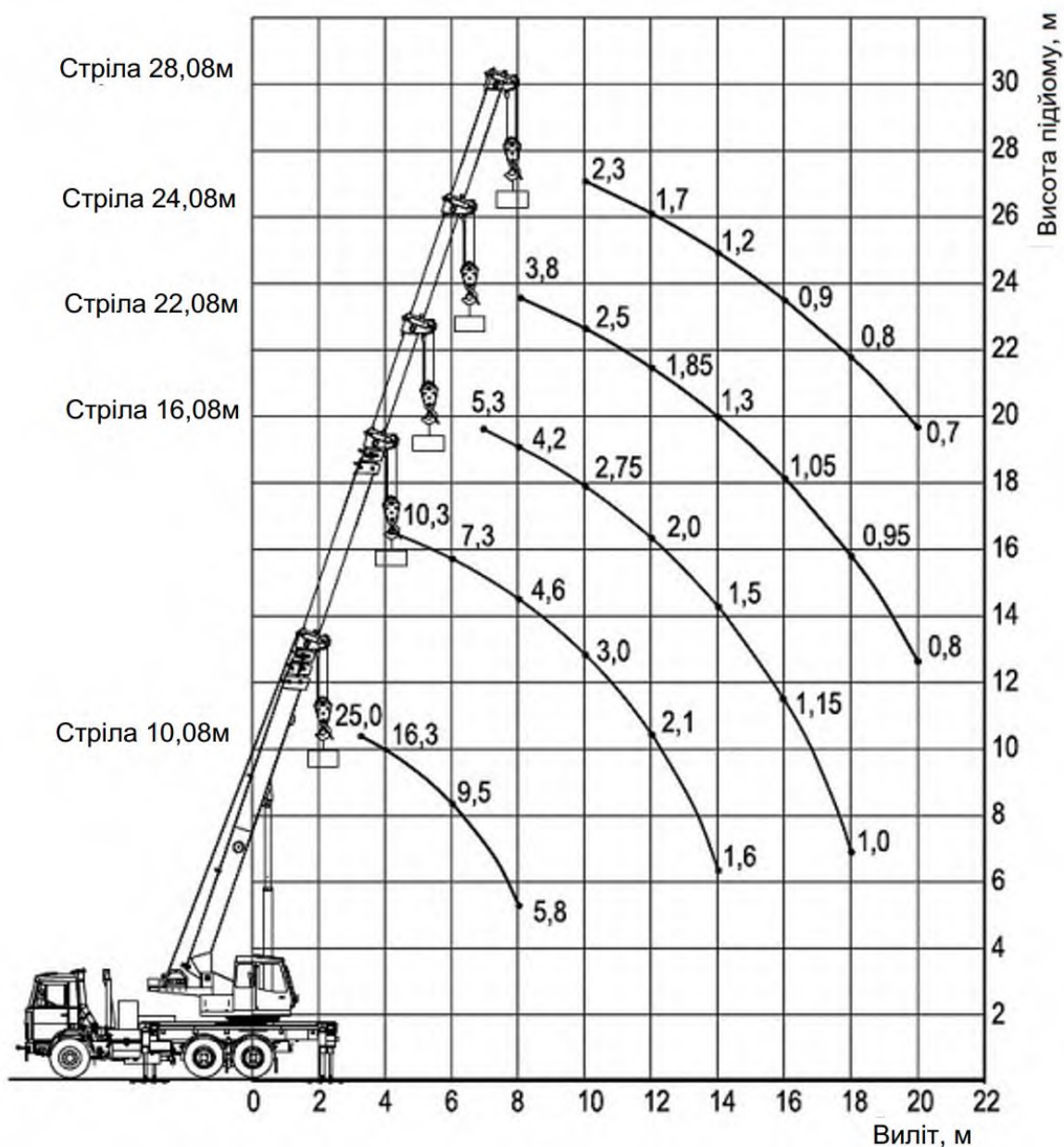


Рисунок 5.3 До розрахунку крана

Можливість телескопування кранової стріли з різним вантажем на гаку надає автокрану можливість виконувати спеціальні монтажні роботи: встановлювати

різні вантажі у важкодоступних окремих місцях, проносити серед різних змонтованих конструкцій. Застосування розробленого гідроциліндра телескопування розміром 125 мм дозволило оминати проміжний фіксатор на стрілі в районі 14,08 метрів і суттєво збільшити масу телескопіруємого вантажу до 6 т.

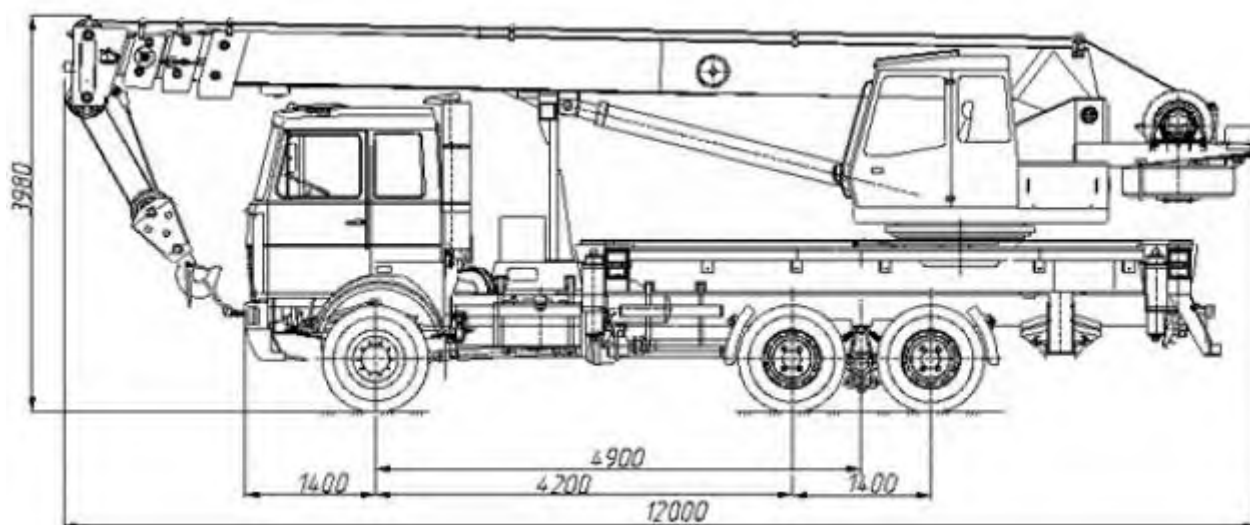


Рисунок 5.4 Габарити крана

Таблиця 5.1

Технічна карта

Шасі	МАЗ-6312В3
Коліс	6x4
Маса вантажного автомобіля, кг	24500
Вантажопідйомність, кг	25000
Габарити, мм	12000/2550/3980
Мах швидкість, км / год	60
Максимальний вантажний момент, т.м.	80
Максимальна висота підйому, м	27,1
Максимальна висота підйому при максимальному вильоті, м	19,6
Довжина стріли крана, м	10,08-28,08

Продовження таблиці 5.1

Виліт, м (min / max)	3,2/20,0
Швидкість підйому (опускання), м / хв	6
Максимальна швидкість підйому (опускання) вільного крюка, м / хв	13,3

Основні операції при будівельному монтажі металевих колон: стропування, підйом, наводка на опори, вивірка і закріплення. Стропують колони за верхній кінець, або в рівні обпирання підкранових балок. У деяких випадках для зниження центра ваги до черевика колони кріплять додатковий вантаж. Колони стропують напівавтоматичними захватними пристосуваннями а також стропами. Після перевірки надійності захватки колону встановлює ланка з 4-х робочих. Ланковий подає сигнал. Монтажники, на висоті 30-40 см від верхнього обрізу фундаменту направляють металеву колону на анкерні болти та починається її плавний опуск. При цьому два монтажника притримують колону, а забезпечення поєднання в плані всіх осьових рисок на черевіку металеві колони з рисками, нанесеними всіх на опорних плитах, виконують два інших. Додаткової перевірки зміщення колони по осях і по висоті не потрібна.

Перед установкою колони необхідно прокрутити всі гайки по різьбі анкерних болтів. Крім того, різьблення болтів змазують і оберігають від пошкодження ковпачками.

Перші дві змонтовані колони відразу закріплюють постійними зв'язками, а якщо такі зв'язки не передбачені проектом, то тимчасовими жорсткими зв'язками. Стропування знімають з колони обов'язково після її постійного закріплення.

Геодезичний контроль правильності встановлення колон по вертикалі влаштовують за допомогою двох теодолітів.

5.2 Монтаж ферм

5.2.1 Підготовка конструкцій до монтажу

Металеві ферми, що поставляються на монтаж, повинні відповідати вимогам відповідних стандартів, технічних умов і робочих креслень.

Деформовані конструкції слід виправити. Виправлення може бути виконане без нагріву пошкодженого елемента (холодна правка) або з попереднім нагріванням (правка в гарячому стані) термічним або термомеханическим методом. Холодна правка допускається тільки для плавно деформованих елементів. Холодне випрямлення конструкцій слід проводити способами, що виключають утворення вм'ятин, вибоїн та інших пошкоджень на поверхні прокату.

5.2.2 Монтаж

До початку робіт з монтажу ферм слід провести їх укрупнювальне збирання в спеціально відведених для цього місцях. Укрупнювальне збирання ферм влаштовують в суворій відповідності з робочими кресленнями.

Монтаж ферм здійснюється за допомогою монтажного крана, здатного забезпечити необхідну вантажопідйомність на встановленому для того вильоті стріли. Монтажний кран підбирається безпосередньо при прив'язці до типової тк та до конкретних умов виробництва робіт.

Вибір монтажного крана влаштовують шляхом знаходження основних його характеристик.

Вантажопідйомність крана на заданій висоті і вильоту вантажного гака:

$$Q_{кр} = g_e + g_c$$

$$Q_{кр} = 4,589 + 0,166 + 0,115 + 0,0605 + 0,0605 = 5,0 \text{ т}$$

Відстань від низу стоянки крана до верху оголовка стріли

$$H_c = h_o + h_z + h_c + h_{п} + h_e$$

$$H_c = 0 + 0,5 + 2 + 1 + 21,15 = 24,65 \text{ м.}$$

Необхідний виліт кранового гака при потрібній висоті підйому визначають за формулою:

$$L_{кр} = \frac{(b + b_1 + b_2) + (H_c - h_{п})}{h_{п} + h_c} + b_3$$

$$L_{кр} = \frac{(0,5 + 9 + 0,2) + (24,65 - 1)}{1 + 2} + 0,2 = 11,32 \text{ м.}$$

Необхідну довжину стріли визначають з виразу:

$$L_{стр} = \sqrt{(L_{кр} - b_3)^2} + \sqrt{(H_c - h_{ш})^2}$$

$$L_{стр} = \sqrt{(11,32 - 0,2)^2} + \sqrt{(24,65 - 3,9)^2} = 23,54 \text{ м.}$$

За отриманими результатами заданий попередньо кран повністю задовольняє всі умови.

До підйому металевої ферми монтажники прикріплюють до неї інвентарні розпірки, стропувальний трос і відтягнення. Далі двоє монтажників здійснюють стропування ферми.

Третій монтажник зачіпляє за стропи балансирної траверси і дає команду машиністові натягувати стропи. При цьому перевіряється правильність положення гаків і зачепів. Роботу по утриманню ферми при її підйомі від розгойдування виконують двоє монтажників. За командою ланкового машиніст подає ферму, зупиняючи її на висоті 20-30см від опорної поверхні. Після цього ланковий і монтажник-електрозварник підводять ферму до місця монтажу, орієнтуючись по рисках.



Рисунок 5.5 Монтаж ферми

Переміщення ферми і установка її на опорні площини колон проводиться за командою ланкового, який знаходиться на риштуванні у одній з колон. Після попередньої вивірки положення ферми електрозварник виробляє її тимчасове закріплення шляхом приварки ферми до опорної поверхні колони як мінімум на 50% по кожному шву.

Розчальовання для тимчасового, але надійного закріплення конструкцій повинні бути прикріплені до надійних опор. Розчальовання мають бути розташовані обов'язково поза межами габаритів руху любого транспорту і машин. Всі розчальовання не мають права торкатися гострих кутів різних конструкцій. Перегинання розчалок, яке виникає в місцях зіткнення з різними елементами інших конструкцій обов'язково допускається лише після повної перевірки міцності та стійкості всіх цих елементів під дією зусиль від розчалок.

Після вивірки електрозварник виробляє остаточне закріплення ферми. За зовнішнім виглядом всі зварні шви мають відповідати таким вимогам:

- обов'язково мати гладку поверхню, без жодних напливів, звужень і перерв;
- обов'язково мати плавний перехід до основних металоконструкцій (ферми і колони);
- наплавлений метал повинен бути щільний по всій довжині зварного шва, не мати жодних тріщин, скупчень та різних ланцюжків поверхневих пор;
- подрізи основних металоконструкцій допускаються глибиною, зазвичай, не більше 0,5 міліметрів при товщині сталі не більше 10 мм та обов'язково не більше 1 міліметра при товщині сталі понад 10мм;
- все кратери повинні бути заварені.

Розстропування ферми слід робити після остаточного, надійного її закріплення в проектному положенні. Зняття строп ферми проводиться двома монтажниками з землі за допомогою висмикування штиря захопленням троса.

Розділ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Нормативні документи з охорони праці

Нормативні документи, яких слід дотримуватись при виконанні робіт по різанні та зварюванні:

Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 14.12.2012 № 1425
Про затвердження Правил охорони праці під час зварювання металів;

Інструкція з безпечного виконання зварювальних робіт в електромонтажному виробництві;

НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів;

ОСТ 22-1399-79 ССБТ. Різка листового та профільного металу. Загальні вимоги безпеки;

НПАОП 28.5-1.34-90 Правила безпеки труда при обробці металу різанням;

НПАОП 28.5-7.19-82 ССБТ. Обработка металлов резанием. Общие требования безопасности;

НПАОП 28.5-7.37-86 ССБТ. Газопламенная обработка металлов. Общие требования безопасности;

СП 1009-73 Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов;

ВНАОТ 6.1.36-5.01-95 Инструкция по технике безопасности при ручной электродуговой сварке (для рабочих);

ВНАОТ 6.1.36-5.02-95 Инструкция по технике безопасности при газопламенной обработке металлов (для рабочих);

ВНАОП 6.1.36-5.01-95 Інструкція з техніки безпеки під час ручного електродугового зварювання (для робітників);

НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів;

СП 1009-73 Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов.

6.2 Умови безпечного різання металу

До роботи по газополуменевій обробці металу, обслуговування обладнання допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли відповідне медичне обстеження, інструктаж і перевірку знань безпеки [39].

Метал, що надходить на різання, повинен бути очищений від фарби, масла, окалини, бруду.

Під час різання пофарбованого, заґрунтованого металу його необхідно очистити по лінії різання. Ширина смуги, що очищується від фарби, повинна бути не менше 100 мм (по 50 мм на кожен бік).

Неплавкий електрод під час газоелектричного різання повинен знаходитися усередині різачка і не повинен виступати назовні.

У разі закріплення різачка на переносному візку необхідно улаштувати блокувальне пристосування для автоматичного відімкнення електроживлення в разі припинення подавання охолоджувальної води.

Усі газові і водяні комунікації повинні бути герметичними.

Керування процесом механізованого газоелектричного різання повинно здійснюватися дистанційним шляхом [38].

При плазмових процесах нагріву (газовому різанні) утворюється інтенсивний високочастотний шум та ультразвукові коливання, а також велика кількість озону та окислів азоту. В цих випадках рекомендується застосовувати місцеву вентиляцію і засоби індивідуального захисту слухового апарату працюючих [7].

Основними джерелами небезпеки при газовому різанні можуть бути вибухи ацетилено-повітряної суміші при неправильному поводженні з ацетиленовими генераторами, карбідом кальцію і пальниками, при зворотньому ударі полум'я. Можливі випадки займання клапанів кисневих редукторів при попаданні на них слідів масел чи при різкому відкриванні вентиля балону. Найбільш небезпечний вибух кисневого балону, що знаходиться під високим тиском.

Необережне поводження з полум'ям пальника може бути причиною опіку зварювальника та пожежі в приміщенні.

При газовому різанні металів на зір шкідливо діють наступні промені: на сітчасту і судинну оболонку очей – видимі промені; на рогівку і кришталик ока – невидимі інфрачервоні промені. Якщо тривалий час дивитися незахищеними очима на газове полум'я, то можлива тимчасова втрата зору і утворення катаракти (помутніння кришталика ока). Небезпеку для очей представляють також іскри, що утворюються при нагріванні і плавленні металу, а також бризки розплавлених шлаків.

Для захисту очей від променів полум'я застосовують окуляри з світлофільтрами з скла Г – 1, Г – 2 чи Г – 3 в залежності від потужності полум'я.

Для захисту очей від пилу і частинок металу використовуються захисні окуляри з простим прозорим склом. Цим склом доцільно зверху прикривати і скло світлофільтрів для захисту їх від псування бризгами металу. Захисні окуляри використовуються закритого типу з лускатою оправою моделей №1395 і СО – 32 чи спеціальні окуляри з відкидною рамкою. Останні є зручними, адже не потребують пересування окулярів на лоб в час перерви у роботі чи в тих випадках, коли зварювальнику потрібно переглянути креслення, деталь.

Зберігати кисневі балони в місці різання металу дозволяється тільки при монтажних чи будівельних роботах. При цьому балони слід розташовувати на відстані не менше 5м від різача.

З різачом потрібно поводитись обережно, оберігаючи його від пошкоджень і забруднень, слідкувати за щільністю всіх з'єднань, не допускаючи пропусків газу і відразу усувати помічені дефекти. Перед запалюванням різача потрібно попередньо продути ацетиленовий шланг, що з'єднує різак з водяним затвором [8].

Газорізальники мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм [40].

6.3 Умови безпечного зварювання металу

6.3.1 Загальні вимоги безпеки при ручному дуговому зварюванні

Ручне дугове зварювання повинно здійснюватися на стаціонарних постах, обладнаних пристроями місцевої витяжної вентиляції.

В разі унеможливлення виконувати зварювання металів на стаціонарних постах для локального видалення пилу і газоподібних компонентів аерозолію від зварювальної дуги повинні застосовуватися місцеві відсмоктувачі.

Робочі місця, розташовані на висоті понад 1,3 м від рівня землі або суцільного перекриття, повинні бути обладнані відповідно до НПАОП 0.00–1.15–07.

6.3.2 Загальні вимоги безпеки до процесів зварювання на поточно-механізованих і конвеєрних лініях

Роботи зі зварювання металів на потокових лініях дозволяється проводити як на постійних робочих місцях зі стаціонарними автоматичними і напівавтоматичними зварювальними машинами, так і на тимчасових робочих місцях, створених для виконання короткочасних операцій.

Для автоматизованих процесів зварювання, які супроводжуються утворенням шкідливих аерозолів, газів і випромінювань, що перевищують допустимі концентрації і рівні, необхідно передбачати дистанційне керування.

Видаляти шкідливі пилогазовиділення необхідно за допомогою пристроїв місцевої вентиляції.

Для роботи в аварійних умовах повинно бути передбачене роздільне керування зварювальними і підіймальнотранспортними операціями на лініях.

Робоче місце працівника – оператора об'єднаного пульта повинно бути обладнано кріслом, конструкція якого відповідає ГОСТ 21889-76 «Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические

требования», або сидіннями зі спинками, виготовленими з нетеплопровідних матеріалів.

Для захисту працівників на суміжних робочих місцях від небезпечних чинників, що супроводжують зварювання, ділянки зварювання металів повинні бути огорожені негорючими перегородками або конструкціями порталів, консолей.

Відстань до проходів від місця зварювання повинна бути не менше 5 м для захисту сторонніх працівників від випромінювання зварювальної дуги. В разі унеможливлення виконання зазначених вимог біля місця зварювання повинні бути встановлені перегородки або ширми з негорючого матеріалу.

6.3.3 Вимоги безпеки до процесів зварювання під флюсом

Стаціонарні установки для електродугового зварювання під флюсом повинні бути оснащені місцевими відсмоктувачами.

Відсмоктувачі повинні бути розташовані безпосередньо біля місця зварювання (на відстані не більше 40 мм від зони дуги убік формування шва).

Стаціонарні установки для зварювання під флюсом повинні бути забезпечені механізованими пристроями для очищення звареного шва від шлакової кірки з одночасним збиранням флюсу.

У системі збирання і подавання флюсу повинно бути передбачене очищення повітря, що видаляється, від пилу і газів.

Під час засипання флюсу в бункер автомата повинні бути прийняті заходи для захисту працівника і його робочого місця від запилення.

Для попередження підвищеного виділення аерозолі газів, які застосовуються при механізованому й автоматичному зварюванні, флюс повинен бути сухим, не забрудненим сторонніми речовинами (мастилами, осколками флюсової кірки).

Під час зварювання під флюсом автоматами, які пересуваються рейковим шляхом, повинні бути забезпечені надійність і правильність закріплення рейкового

шляху на виробі або на стенді, а також надійність кріплення зворотних і бокових роликів ходового механізму.

Робочі місця працівників під час зварювання труб та інших багатогабаритних конструкцій повинні бути обладнані спеціальними кабінами з подаванням припливного повітря, тепло- і звукоізоляцією зовнішніх поверхонь і пультом керування зварювальним процесом.

6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Ефективність захисту населення у надзвичайних ситуаціях може бути досягнута тільки на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки у НС і ефективному використанні всіх засобів і способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення. Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи.

Перша – це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чинників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику).

Друга – диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів в залежності від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов.

Третя – комплексне ефективне застосування засобів і способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техно соціальному середовищі.

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, наприклад у бомбосховищах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики.

Захисні споруди - це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників. В

залежності від захисних властивостей їх ділять на захисні і протирадіаційні укриття (ПРУ), які повинні відповідати будівельним нормам і правилам згідно СНиП 2.01.51–90.

Крім цього колективного способу захисту, важливі засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) населення від потрапляння всередину організму, на шкірні покриви та одяг радіоактивних, отруюючих речовин і бактеріальних засобів.

Важливу роль в цьому відіграють медичні засоби індивідуального захисту, які призначені для профілактики і надання медичної допомоги населенню, постраждалому у НС. З їх допомогою можна зберегти життя, попередити або значно зменшити ступінь розвитку поразки людей, підвищити стійкість організму людини до впливу деяких небезпечних і шкідливих чинників (іонізуючих випромінювань, токсичних речовин і бактеріальних засобів). До них відносяться радіопротектори (наприклад, цистамін, що знижує ступінь впливу випромінювань), антидоти (речовини, що попереджують або послаблюють дію токсичних речовин), протибактеріальні засоби (антибіотики, інтерферони, вакцини, антитоксини), а також засоби часткового санітарного опрацювання (індивідуальний перев'язувальний пакет, індивідуальний протихімічний пакет).

Велике значення для забезпечення безпеки життєдіяльності населення у НС має завчасне здійснення заходів, адекватних виниклої ситуації. Для цього необхідно навчити населення, робітників діям у НС, організувати своєчасне оповіщення про загрозу виникнення НС, проведення радіаційної, хімічної і бактеріологічної розвідки, а також дозиметричного і лабораторного (хімічного) контролю; проведення профілактичних протипожежних, протиепідемічних і санітарно-гігієнічних заходів, створення запасів матеріальних засобів для проведення рятувальних невідкладних аварійних робіт (РНАВР), які необхідно провести після аварії.

Для зменшення негативних наслідків аварії на підприємстві важливим є порядок оповіщення. При аварії, масштаби якої не виходять за межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) об'єкту сповіщаються чергові зміни аварійних служб, невоєнізована охорона, цехи, які потрапляють в зону хімічного зараження,

керівний склад та штаб ЦЗ об'єкту, керівництво підприємства, установи, організації, в тому числі тих, які розташовані поблизу СЗЗ.

Оповіщення про аварію проводиться черговим диспетчером по об'єктовій системі оповіщення з використанням гучномовців та електросирен. Черговий диспетчер повинен доповісти черговому по відділу з надзвичайних ситуацій (НС) підприємства та міста (області).

Якщо масштаби аварії виходять за межі СЗЗ об'єкту черговий диспетчер в першу чергу сповіщає чергову зміну аварійно-технічних служб, керівництво цехів, які потрапляють в зону хімічного, біологічного, радіаційного зараження. Необхідно сповістити керівний склад та штаб ЦЗ об'єкту, органи державної адміністрації, чергових по відділу з НС міста (області) та по відділу внутрішніх справ. Це необхідно для швидкого оповіщення підприємств, установ, організацій (в першу чергу дитячі заклади і школи) та населення. Текст звернення до працівників і службовців та населення повинен бути розроблений завчасно і затверджений начальником цивільної оборони міста (району, області).

Своєчасне попередження населення про виникнення надзвичайних ситуацій здійснюється за допомогою сирен, гудків промислових підприємств, що означає: "Увага всім!". За цим сигналом всі повинні включити радіотрансляційні точки, радіо-, телеприймачі і прослухати повідомлення. Щоб орієнтуватися у власних діях, необхідно знати зміст сигналів, характерних для НС на кожному небезпечному об'єкті і виконувати суворо визначені дії. Всі повідомлення штабу ЦО повторюють на протязі 5 хвилин [37].

Розділ 7 ЕКОЛОГІЯ

7.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Екологічний стан нашої Планети погіршується стрімкими темпами. Екологічні перевантаження істотно знижують якість життя населення України. За оцінками вчених, вклад екологічного фактора у погіршення здоров'я населення оцінюється на рівні 10–30%, у тому числі за онкологічними захворюваннями – близько 50%.

Промисловими підприємствами і транспортом України щороку здійснюється викидів близько 6млн тонн забруднюючих речовин, що становить 150кг на кожного громадянина країни. У водні басейни потрапляє більше 14млрд м³ стічних вод, або близько 300тис. л у розрахунку на кожного мешканця.

Стає очевидним, що останніми десятиріччями погіршення стану навколишнього середовища відчутно негативно впливає на якість життя населення, лімітує можливості економічного і соціального розвитку крупних промислових регіонів та міст. Більше 80% ресурсів, що видобуваються, спрямовуються на підтримку ресурсовидобувних та ресурсомістких обробних виробництв. Виправка 1 тонни сталі «з'їдає» до 20т первинних ресурсів. Більше 75% відходів виробництва мають певний ступінь токсичності для навколишнього середовища і здоров'я людини. Марнотратний та деструктивний характер природокористування постійно породжує нові та все більш гострі екологічні проблеми, що свідчить про кризовий стан нинішньої державної політики природокористування.

Металургійні підприємства, які займаються виготовленням перфорованих балок зазнають збитків через зростання захворюваності своїх працівників, однак вони значно менші, ніж видатки, котрі необхідні для здійснення повноцінної природоохоронної діяльності, з одного боку, та збитки, що завдаються підприємствам-реципієнтам, з другого. За викиди шкідливих речовин розроблена

система покарань від догани до тюремного ув'язнення або зняття з роботи та виплати штрафів підприємством і його керівниками.

7.2 Роль матеріалозбереження у вирішенні екологічних проблем

Упровадження безвідходних і маловідходних технологій є найбільш перспективним заходом, що дозволяє докорінно знизити рівень забруднень навколишнього середовища. Виготовлення балок з перфорованою стінкою дозволяє скоротити практично до мінімуму відходи, разом з тим покращуються міцнісні характеристики конструкції. Якщо порівнювати звичайну прокатну і перфоровану балку, то отвори складають 35 ... 40% матеріалу стінки, і відповідно економія металу в останніх дорівнює 20 – 30%.

Відповідно до рішення ЕЕК ООН і Декларації про маловідходну і безвідходну технології, а також про використання відходів прийнято формулювання: "Безвідходна технологія є практичним використанням знань, методів і засобів для того, щоб у межах потреб людини забезпечити найбільш раціональне використання природних ресурсів та енергії й захистити навколишнє середовище".

7.3 Методи переробки металевих відходів

Вторинна переробка металів корисна для довкілля та вигідна для економіки.

Основні операції первинної обробки металовідходів поділяються на сортування, розділення і механічну обробку. Сортування заключається в розділенні лому і відходів по видах металів. Розділка лому полягає у видаленні неметалевих включень. Механічна обробка включає рубку, різку, пакетування і брикетування на пресах.

Пакетування відходів організовується на підприємствах, що утворюють 50 т і більше висікання і обрізків за місяць. Кожна партія повинна супроводжуватись посвідченням про вибохобезпеку і нешкідливість. Стружку переробляють на

пакетуючих пресах, стружко – дробарках, брикетувальних пресах. Брикетуванню піддається суха і неокислена стружка одного виду, яка не містить сторонніх домішок з довжиною елемента до 40мм для сталюї стружки.

На підприємствах, де утворюється велика кількість металевих відходів, організуються спеціальні цехи для утилізації вторинних металів. Чисті однорідні відходи з паспортом, що засвідчує їх хімічний склад, використовують без попереднього металургійного поділу.

Висновки

Під час розробки дипломного проекту, для порівняння з Lira SAPR, був використаний програмний комплекс Autodesk Robot Structural Analysis, за допомогою якого був проведений статичний розрахунок сталевого каркасу промислової будівлі.

Завдяки цьому програмному комплексу були прикладені навантаження до стержнів ферми та були підібрані перерізи рівнополічних кутиків розрізної ферми.

В подальшому була створена нова задача для розрахунку нерозрізної ферми.

Отримані результати були порівняні, що дало змогу зробити такі висновки:

- економічно обґрунтована нерозрізна ферма, але при умові великих прольотів;

- витрати на матеріал зменшуються на 4% за рахунок зменшення перерізів стержнів.

Бібліографія:

1. Металлические конструкции: Общий курс: Учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.И.Кудишин, Е.И.Беленя, В.С.Игнатьева и др. / Под ред. Ю.И.Кудишина – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. – 688 с.
2. Металлические конструкции: В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций: Учеб. пособие для строит. Вузов / В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов и др. / Под ред. В.В.Горева. – М.: Высш. школа, 1997.- 527 с.
3. Металлические конструкции: в 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий: Учебн. пособие для строит. вузов / В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов и др. / Под ред. В.В.Горева.- М.: Высш. школа, 1997. – 528 с.
4. Металлические конструкции: В 3-х томах. Т.2. Стальные конструкции зданий и сооружений: Справочник проектировщика / Под общей ред. В.В.Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова) – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
5. Нилов А.А., Пермяков В.А., Прицкер А.Я. Стальные конструкции производственных зданий: Справочник. – К.: Будівельник, 1986. – 272 с.\
6. Проектирование металлических конструкций. Спецкурс: Учеб. пособие для вузов / В.В.Бирюлев, И.И.Кошин, И.И.Крылов, А.В.Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.
7. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
8. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / УкрНИИпроектстальконструкция. – М.: Стройиздат, 1989. – 159 с.
9. Развитие строительной науки и технологии в Украинской ССР: В 3-х томах. Т. 3. Строительная наука и техника в Украинской ССР в 1943-1987 гг. / М.М.Жербин, В.Е.Ясиевич, В.Е.Михайленко и др. / Под ред. М.М.Жербина. – К.: Наук. думка, 1990. – 352 с.
10. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования/Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с. Введен 1.01.1082.
11. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбудархітектури України. – К.: Сталь, 2006. – 59 с. – Чинні з 1.01.2007 (зі змінами від 1.10.2007).
12. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Прогини і переміщення. Вимоги проектування / Мінбудархітектури України. – К.:Сталь, 2006. – 10 с. – Чинні з 1.01.2007.
13. Сварные строительные конструкции: В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / Л.М.Лобанов, В.И.Махненко, В.И.Труфяков и др. / Под ред. Л.М.Лобанова. – К.: Наук. думка, 1993. – 416 с.
14. Сварные строительные конструкции: В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / В.Н.Шимановский, Э.Ф.Гарф, В.А.Пермяков и др. / Под ред. Л.М.Лобанова. – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 1997. – 680 с.
15. Сварные строительные конструкции: В 3-х томах. Т. 3. Арматура и закладные детали. Конструкции из пластмасс. Реконструкция и оптимизация.

Контроль качества. Охрана труда / Л.М.Лобанов, В.Н.Шимановский, А.В.Шимановский и др. / Под ред. Л.М.Лобанова. – К.: Изд-во «Сталь», 2003. – 378 с.

16. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко = М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 2005. – 131 с.

17. Трофимович В.В. Пермяков В.А. Оптимизация металлических конструкций. – К.: Вища школа, 1983. – 152 с.

18. ENV 1991 Eurocode 1: Basic of design and action on structures.

19. ENV 1993 Eurocode 3: Design of steel atructures.

20. Morel J/Calcul des structures metalliques selon L Eurocode 3/ - Paris: Edition Eyrolles, 1994. – 331 p.

21. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації – К.: Держ. комітет України в справах архіт., буд-ва та охорони історик. середовища, 1995. – 93 с. – Чинні з 1.07.1992.

22. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт та підсилення несучих і огорожувальних конструкцій і основ промислових будівель та споруд – К.: Держкомітет України буд-ва і архіт., 2003. – 82 с. – Чинні з 1.07.2003.

23. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с. – Чинні з 1.12.2009.

Додаток А

Реакції: Значення

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
1/ 1	0.00	21.51	0.00
1/ 2	0.00	239.90	-0.00
1/ 3	0.00	180.83	0.00
1/ 4 (С)	0.00	486.46	0.00
1/ ПС1+	0.00	442.24	0.00
1/ ПС1-	0.00	398.01	0.00
1/ ПС2+	0.00	442.24	0.00
1/ ПС2-	0.00	398.01	0.00
2/ 1	0.00	21.51	-0.00
2/ 2	0.00	239.90	-0.00
2/ 3	0.00	180.83	-0.00
2/ 4 (С)	0.00	486.46	-0.00
2/ ПС1+	0.00	442.24	-0.00
2/ ПС1-	0.00	398.01	-0.00
2/ ПС2+	0.00	442.24	-0.00
2/ ПС2-	0.00	398.01	-0.00
Навантаження 1			
Власна вага			
Сума вел.	0.00	43.03	-0.00
Сума реакцій	0.00	43.03	-774.45
Сума сил	0.00	-43.03	774.45
Контр. вел.	0.00	0.00	0.0
Точність	2.56835e-14	1.29607e-30	
Навантаження 2			
Постійні			
Сума вел.	0.00	479.79	-0.00
Сума реакцій	0.00	479.79	-8636.22
Сума сил	0.0	-479.79	8636.22
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00
Точність	2.40060e-14	1.57339e-29	
Навантаження 3			
Снігові			
Сума вел.	0.00	361.66	-0.00
Сума реакцій	0.00	361.66	-6509.88
Сумма сил	0.0	-361.66	6509.88
Контр. вел.	0.00	0.00	0.00
Точність	3.12838e-14	2.59036e-30	
Навантаження 4 (С)			
PCY1			
Сума вел.	0.00	972.92	-0.00
Сума реакцій	0.00	972.92	-17512.61
Сума сил	0.00	-972.92	17512.61
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
Точність	8.90706e-14	2.15823e-29	
Навантаження ПС1+	ПС1+		
Сума вел.	0.00	884.48	-0.00
Сума реакцій	0.00	796.03	-14328.50
Сума сил	0.00	-796.03	14328.50
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00
Точність	7.28760e-14	1.76583e-29	
Навантаження ПС1-	ПС1-		
Сума вел.	0.00	796.03	-0.00
Сума реакцій	0.00	796.03	-14328.50
Сума сил	0.00	-796.03	14328.50
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00
Точність	7.28760e-14	1.76583e-29	
Навантаження ПС2+	ПС2+		
Сума вел.	0.00	884.48	-0.00
Сума реакцій	0.00	796.03	-14328.50
Сума сил	0.00	-796.03	14328.50
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00
Точність	7.28760e-14	1.76583e-29	
Навантаження ПС2-	ПС2-		
Сума вел.	0.00	796.03	-0.00
Сума реакцій	0.00	796.03	-14328.50
Сума сил	0.00	-796.03	14328.50
Контр. вел.	0.00	0.00	-0.00
Точність	7.28760e-14	1.76583e-29	

Переміщення: Значення

Вузол/Навантаження	UX (см)	UZ (см)	RY (рад)
1/ 1	0.0	0.0	0.001
1/ 2	0.0	0.0	0.007
1/ 3	0.0	0.0	0.005
1/ 4 (С)	0.0	0.0	0.014
1/ ПС1+	0.0	0.0	0.013
1/ ПС1-	0.0	0.0	0.012
1/ ПС2+	0.0	0.0	0.013
1/ ПС2-	0.0	0.0	0.012
2/ 1	0.2	0.0	-0.001
2/ 2	2.5	0.0	-0.007
2/ 3	1.9	0.0	-0.005
2/ 4 (С)	5.1	0.0	-0.014
2/ ПС1+	4.7	0.0	-0.012

Вузол/Навантаження	UX (см)	UZ (см)	RY (рад)
2/ ПС1-	4.2	0.0	-0.013
2/ ПС2+	4.7	0.0	-0.012
2/ ПС2-	4.2	0.0	-0.013
3/ 1	0.2	-0.0	0.001
3/ 2	2.1	-0.0	0.007
3/ 3	1.5	-0.0	0.005
3/ 4 (С)	4.2	-0.0	0.014
3/ ПС1+	3.8	-0.0	0.013
3/ ПС1-	3.4	-0.0	0.012
3/ ПС2+	3.8	-0.0	0.013
3/ ПС2-	3.4	-0.0	0.012
4/ 1	0.0	-0.0	-0.001
4/ 2	0.5	-0.0	-0.007
4/ 3	0.4	-0.0	-0.005
4/ 4 (С)	1.0	-0.0	-0.014
4/ ПС1+	0.9	-0.0	-0.012
4/ ПС1-	0.8	-0.0	-0.013
4/ ПС2+	0.9	-0.0	-0.012
4/ ПС2-	0.8	-0.0	-0.013
5/ 1	0.0	-0.4	0.001
5/ 2	0.2	-4.2	0.006
5/ 3	0.1	-3.1	0.004
5/ 4 (С)	0.4	-8.5	0.012
5/ ПС1+	0.3	-6.9	0.011
5/ ПС1-	0.3	-7.7	0.010
5/ ПС2+	0.3	-6.9	0.011
5/ ПС2-	0.3	-7.7	0.010
6/ 1	0.1	-0.7	0.000
6/ 2	0.7	-7.2	0.003
6/ 3	0.5	-5.3	0.002
6/ 4 (С)	1.3	-14.5	0.007
6/ ПС1+	1.2	-11.8	0.006
6/ ПС1-	1.1	-13.2	0.005
6/ ПС2+	1.2	-11.8	0.006
6/ ПС2-	1.1	-13.2	0.005
7/ 1	0.1	-0.8	-0.000
7/ 2	1.3	-8.2	0.000
7/ 3	0.9	-6.1	0.000
7/ 4 (С)	2.6	-16.6	0.000
7/ ПС1+	2.3	-13.6	0.000
7/ ПС1-	2.1	-15.1	0.000
7/ ПС2+	2.3	-13.6	0.000
7/ ПС2-	2.1	-15.1	0.000
8/ 1	0.2	-0.7	-0.000
8/ 2	1.9	-7.2	-0.003
8/ 3	1.4	-5.3	-0.002
8/ 4 (С)	3.8	-14.5	-0.007
8/ ПС1+	3.4	-11.8	-0.005

Вузол/Навантаження	UX (см)	UZ (см)	RY (рад)
8/ ПС1-	3.1	-13.2	-0.006
8/ ПС2+	3.4	-11.8	-0.005
8/ ПС2-	3.1	-13.2	-0.006
9/ 1	0.2	-0.4	-0.001
9/ 2	2.3	-4.2	-0.006
9/ 3	1.7	-3.1	-0.004
9/ 4 (С)	4.7	-8.5	-0.012
9/ ПС1+	4.3	-6.9	-0.010
9/ ПС1-	3.9	-7.7	-0.011
9/ ПС2+	4.3	-6.9	-0.010
9/ ПС2-	3.9	-7.7	-0.011
10/ 1	0.2	-0.2	0.001
10/ 2	2.1	-2.2	0.007
10/ 3	1.5	-1.6	0.005
10/ 4 (С)	4.2	-4.5	0.014
10/ ПС1+	3.8	-3.7	0.013
10/ ПС1-	3.4	-4.1	0.012
10/ ПС2+	3.8	-3.7	0.013
10/ ПС2-	3.4	-4.1	0.012
11/ 1	0.2	-0.4	0.001
11/ 2	1.9	-4.2	0.006
11/ 3	1.5	-3.1	0.005
11/ 4 (С)	3.9	-8.5	0.012
11/ ПС1+	3.6	-7.0	0.011
11/ ПС1-	3.2	-7.7	0.010
11/ ПС2+	3.6	-7.0	0.011
11/ ПС2-	3.2	-7.7	0.010
12/ 1	0.2	-0.6	0.000
12/ 2	1.8	-5.9	0.005
12/ 3	1.4	-4.4	0.004
12/ 4 (С)	3.7	-12.0	0.010
12/ ПС1+	3.4	-9.8	0.009
12/ ПС1-	3.0	-10.9	0.008
12/ ПС2+	3.4	-9.8	0.009
12/ ПС2-	3.0	-10.9	0.008
13/ 1	0.2	-0.7	0.000
13/ 2	1.7	-7.2	0.003
13/ 3	1.2	-5.3	0.003
13/ 4 (С)	3.3	-14.5	0.007
13/ ПС1+	3.0	-11.9	0.006
13/ ПС1-	2.7	-13.2	0.006
13/ ПС2+	3.0	-11.9	0.006
13/ ПС2-	2.7	-13.2	0.006
14/ 1	0.1	-0.8	0.000
14/ 2	1.5	-8.0	0.002
14/ 3	1.1	-6.0	0.001
14/ 4 (С)	3.0	-16.2	0.004
14/ ПС1+	2.7	-13.2	0.003

Вузол/Навантаження	UX (см)	UZ (см)	RY (рад)
14/ ПС1-	2.4	-14.7	0.003
14/ ПС2+	2.7	-13.2	0.003
14/ ПС2-	2.4	-14.7	0.003
15/ 1	0.1	-0.8	0.000
15/ 2	1.3	-8.2	0.000
15/ 3	0.9	-6.1	0.000
15/ 4 (С)	2.6	-16.7	0.000
15/ ПС1+	2.3	-13.6	0.000
15/ ПС1-	2.1	-15.1	0.000
15/ ПС2+	2.3	-13.6	0.000
15/ ПС2-	2.1	-15.1	0.000
16/ 1	0.1	-0.8	-0.000
16/ 2	1.1	-8.0	-0.002
16/ 3	0.8	-6.0	-0.001
16/ 4 (С)	2.1	-16.2	-0.004
16/ ПС1+	2.0	-13.2	-0.003
16/ ПС1-	1.8	-14.7	-0.003
16/ ПС2+	2.0	-13.2	-0.003
16/ ПС2-	1.8	-14.7	-0.003
17/ 1	0.1	-0.7	-0.000
17/ 2	0.9	-7.2	-0.003
17/ 3	0.7	-5.3	-0.003
17/ 4 (С)	1.8	-14.5	-0.007
17/ ПС1+	1.6	-11.9	-0.006
17/ ПС1-	1.5	-13.2	-0.006
17/ ПС2+	1.6	-11.9	-0.006
17/ ПС2-	1.5	-13.2	-0.006
18/ 1	0.1	-0.6	-0.000
18/ 2	0.7	-5.9	-0.005
18/ 3	0.5	-4.4	-0.004
18/ 4 (С)	1.4	-12.0	-0.010
18/ ПС1+	1.3	-9.8	-0.008
18/ ПС1-	1.2	-10.9	-0.009
18/ ПС2+	1.3	-9.8	-0.008
18/ ПС2-	1.2	-10.9	-0.009
19/ 1	0.1	-0.4	-0.001
19/ 2	0.6	-4.2	-0.006
19/ 3	0.4	-3.1	-0.005
19/ 4 (С)	1.2	-8.5	-0.012
19/ ПС1+	1.1	-7.0	-0.010
19/ ПС1-	1.0	-7.7	-0.011
19/ ПС2+	1.1	-7.0	-0.010
19/ ПС2-	1.0	-7.7	-0.011
20/ 1	0.0	-0.2	-0.001
20/ 2	0.5	-2.2	-0.007
20/ 3	0.4	-1.6	-0.005
20/ 4 (С)	1.0	-4.5	-0.014
20/ ПС1+	0.9	-3.7	-0.012

Вузол/Навантаження	UX (см)	UZ (см)	RY (рад)
20/ ПС1-	0.8	-4.1	-0.013
20/ ПС2+	0.9	-3.7	-0.012
20/ ПС2-	0.8	-4.1	-0.013

Зусилля: Значення

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
1/ 3/ 1	0.29	0.59	-0.33
1/ 3/ 2	0.27	0.36	-0.51
1/ 3/ 3	0.20	0.27	-0.39
1/ 3/ 4 (С)	0.84	1.35	-1.35
1/ 3/ ПС1+	0.76	1.22	-1.10
1/ 3/ ПС1-	0.69	1.10	-1.22
1/ 3/ ПС2+	0.76	1.22	-1.10
1/ 3/ ПС2-	0.69	1.10	-1.22
1/ 10/ 1	0.29	-0.48	-0.15
1/ 10/ 2	0.27	0.36	0.56
1/ 10/ 3	0.20	0.27	0.42
1/ 10/ 4 (С)	0.84	0.16	0.92
1/ 10/ ПС1+	0.76	0.15	0.83
1/ 10/ ПС1-	0.69	0.13	0.75
1/ 10/ ПС2+	0.76	0.15	0.83
1/ 10/ ПС2-	0.69	0.13	0.75
2/ 1/ 1	1.51	-0.29	0.56
2/ 1/ 2	36.54	-0.27	0.33
2/ 1/ 3	28.09	-0.20	0.25
2/ 1/ 4 (С)	72.76	-0.84	1.25
2/ 1/ ПС1+	66.14	-0.69	1.14
2/ 1/ ПС1-	59.53	-0.76	1.02
2/ 1/ ПС2+	66.14	-0.69	1.14
2/ 1/ ПС2-	59.53	-0.76	1.02
2/ 3/ 1	0.59	-0.29	-0.33
2/ 3/ 2	36.54	-0.27	-0.51
2/ 3/ 3	28.09	-0.20	-0.39
2/ 3/ 4 (С)	71.75	-0.84	-1.35
2/ 3/ ПС1+	65.22	-0.69	-1.10
2/ 3/ ПС1-	58.70	-0.76	-1.22
2/ 3/ ПС2+	65.22	-0.69	-1.10
2/ 3/ ПС2-	58.70	-0.76	-1.22
3/ 1/ 1	-18.53	0.68	-0.59
3/ 1/ 2	-196.94	0.08	-0.19
3/ 1/ 3	-147.92	0.06	-0.14
3/ 1/ 4 (С)	-399.73	0.90	-1.02
3/ 1/ ПС1+	-327.05	0.82	-0.83
3/ 1/ ПС1-	-363.39	0.74	-0.93
3/ 1/ ПС2+	-327.05	0.82	-0.83

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
3/ 1/ ПС2-	-363.39	0.74	-0.93
3/ 5/ 1	-18.53	-0.72	-0.73
3/ 5/ 2	-196.94	0.08	0.30
3/ 5/ 3	-147.92	0.06	0.22
3/ 5/ 4 (С)	-399.73	-0.64	-0.23
3/ 5/ ПС1+	-327.05	-0.52	-0.19
3/ 5/ ПС1-	-363.39	-0.58	-0.21
3/ 5/ ПС2+	-327.05	-0.52	-0.19
3/ 5/ ПС2-	-363.39	-0.58	-0.21
4/ 5/ 1	-45.66	0.70	-0.70
4/ 5/ 2	-485.95	0.05	0.01
4/ 5/ 3	-363.13	0.03	0.01
4/ 5/ 4 (С)	-984.21	0.86	-0.75
4/ 5/ ПС1+	-805.26	0.78	-0.62
4/ 5/ ПС1-	-894.74	0.70	-0.69
4/ 5/ ПС2+	-805.26	0.78	-0.62
4/ 5/ ПС2-	-894.74	0.70	-0.69
4/ 6/ 1	-45.66	-0.69	-0.67
4/ 6/ 2	-485.95	0.05	0.28
4/ 6/ 3	-363.13	0.03	0.21
4/ 6/ 4 (С)	-984.21	-0.68	-0.20
4/ 6/ ПС1+	-805.26	-0.55	-0.16
4/ 6/ ПС1-	-894.74	-0.61	-0.18
4/ 6/ ПС2+	-805.26	-0.55	-0.16
4/ 6/ ПС2-	-894.74	-0.61	-0.18
5/ 6/ 1	-59.23	0.70	-0.69
5/ 6/ 2	-633.19	0.02	0.14
5/ 6/ 3	-470.72	0.01	0.11
5/ 6/ 4 (С)	-1279.45	0.80	-0.48
5/ 6/ ПС1+	-1046.82	0.73	-0.39
5/ 6/ ПС1-	-1163.13	0.65	-0.44
5/ 6/ ПС2+	-1046.82	0.73	-0.39
5/ 6/ ПС2-	-1163.13	0.65	-0.44
5/ 7/ 1	-59.23	-0.70	-0.68
5/ 7/ 2	-633.19	0.02	0.23
5/ 7/ 3	-470.72	0.01	0.17
5/ 7/ 4 (С)	-1279.45	-0.74	-0.30
5/ 7/ ПС1+	-1046.82	-0.60	-0.24
5/ 7/ ПС1-	-1163.13	-0.67	-0.27
5/ 7/ ПС2+	-1046.82	-0.60	-0.24
5/ 7/ ПС2-	-1163.13	-0.67	-0.27
6/ 7/ 1	-59.23	0.70	-0.68
6/ 7/ 2	-633.19	-0.02	0.23
6/ 7/ 3	-470.72	-0.01	0.17
6/ 7/ 4 (С)	-1279.45	0.74	-0.30
6/ 7/ ПС1+	-1046.82	0.67	-0.24
6/ 7/ ПС1-	-1163.13	0.60	-0.27
6/ 7/ ПС2+	-1046.82	0.67	-0.24

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
6/ 7/ ПС2-	-1163.13	0.60	-0.27
6/ 8/ 1	-59.23	-0.70	-0.69
6/ 8/ 2	-633.19	-0.02	0.14
6/ 8/ 3	-470.72	-0.01	0.11
6/ 8/ 4 (С)	-1279.45	-0.80	-0.48
6/ 8/ ПС1+	-1046.82	-0.65	-0.39
6/ 8/ ПС1-	-1163.13	-0.73	-0.44
6/ 8/ ПС2+	-1046.82	-0.65	-0.39
6/ 8/ ПС2-	-1163.13	-0.73	-0.44
7/ 8/ 1	-45.66	0.69	-0.67
7/ 8/ 2	-485.95	-0.05	0.28
7/ 8/ 3	-363.13	-0.03	0.21
7/ 8/ 4 (С)	-984.21	0.68	-0.20
7/ 8/ ПС1+	-805.26	0.61	-0.16
7/ 8/ ПС1-	-894.74	0.55	-0.18
7/ 8/ ПС2+	-805.26	0.61	-0.16
7/ 8/ ПС2-	-894.74	0.55	-0.18
7/ 9/ 1	-45.66	-0.70	-0.70
7/ 9/ 2	-485.95	-0.05	0.01
7/ 9/ 3	-363.13	-0.03	0.01
7/ 9/ 4 (С)	-984.21	-0.86	-0.75
7/ 9/ ПС1+	-805.26	-0.70	-0.62
7/ 9/ ПС1-	-894.74	-0.78	-0.69
7/ 9/ ПС2+	-805.26	-0.70	-0.62
7/ 9/ ПС2-	-894.74	-0.78	-0.69
8/ 9/ 1	-18.53	0.72	-0.73
8/ 9/ 2	-196.94	-0.08	0.30
8/ 9/ 3	-147.92	-0.06	0.22
8/ 9/ 4 (С)	-399.73	0.64	-0.23
8/ 9/ ПС1+	-327.05	0.58	-0.19
8/ 9/ ПС1-	-363.39	0.52	-0.21
8/ 9/ ПС2+	-327.05	0.58	-0.19
8/ 9/ ПС2-	-363.39	0.52	-0.21
8/ 2/ 1	-18.53	-0.68	-0.59
8/ 2/ 2	-196.94	-0.08	-0.19
8/ 2/ 3	-147.92	-0.06	-0.14
8/ 2/ 4 (С)	-399.73	-0.90	-1.02
8/ 2/ ПС1+	-327.05	-0.74	-0.83
8/ 2/ ПС1-	-363.39	-0.82	-0.93
8/ 2/ ПС2+	-327.05	-0.74	-0.83
8/ 2/ ПС2-	-363.39	-0.82	-0.93
9/ 10/ 1	34.35	0.57	-0.31
9/ 10/ 2	358.96	0.11	0.24
9/ 10/ 3	268.99	0.09	0.18
9/ 10/ 4 (С)	728.54	0.85	0.13
9/ 10/ ПС1+	662.31	0.77	0.11
9/ 10/ ПС1-	596.07	0.70	0.10
9/ 10/ ПС2+	662.31	0.77	0.11

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
9/ 10/ ПС2-	596.07	0.70	0.10
9/ 11/ 1	34.35	-0.50	-0.20
9/ 11/ 2	358.96	0.11	0.58
9/ 11/ 3	268.99	0.09	0.44
9/ 11/ 4 (С)	728.54	-0.33	0.90
9/ 11/ ПС1+	662.31	-0.27	0.82
9/ 11/ ПС1-	596.07	-0.30	0.74
9/ 11/ ПС2+	662.31	-0.27	0.82
9/ 11/ ПС2-	596.07	-0.30	0.74
10/ 11/ 1	34.37	0.56	-0.24
10/ 11/ 2	359.25	0.29	0.07
10/ 11/ 3	269.20	0.21	0.06
10/ 11/ 4 (С)	729.10	1.16	-0.13
10/ 11/ ПС1+	662.82	1.06	-0.10
10/ 11/ ПС1-	596.54	0.95	-0.12
10/ 11/ ПС2+	662.82	1.06	-0.10
10/ 11/ ПС2-	596.54	0.95	-0.12
10/ 12/ 1	34.37	-0.52	-0.19
10/ 12/ 2	359.25	0.29	0.93
10/ 12/ 3	269.20	0.21	0.70
10/ 12/ 4 (С)	729.10	-0.02	1.59
10/ 12/ ПС1+	662.82	-0.01	1.45
10/ 12/ ПС1-	596.54	-0.02	1.30
10/ 12/ ПС2+	662.82	-0.01	1.45
10/ 12/ ПС2-	596.54	-0.02	1.30
11/ 12/ 1	54.72	0.53	-0.20
11/ 12/ 2	578.18	-0.06	0.75
11/ 12/ 3	430.53	-0.05	0.56
11/ 12/ 4 (С)	1169.77	0.47	1.22
11/ 12/ ПС1+	1063.43	0.43	1.11
11/ 12/ ПС1-	957.09	0.39	1.00
11/ 12/ ПС2+	1063.43	0.43	1.11
11/ 12/ ПС2-	957.09	0.39	1.00
11/ 13/ 1	54.72	-0.54	-0.21
11/ 13/ 2	578.18	-0.06	0.58
11/ 13/ 3	430.53	-0.05	0.43
11/ 13/ 4 (С)	1169.77	-0.71	0.87
11/ 13/ ПС1+	1063.43	-0.58	0.79
11/ 13/ ПС1-	957.09	-0.64	0.71
11/ 13/ ПС2+	1063.43	-0.58	0.79
11/ 13/ ПС2-	957.09	-0.64	0.71
12/ 13/ 1	54.73	0.56	-0.24
12/ 13/ 2	578.33	0.27	0.31
12/ 13/ 3	430.64	0.20	0.23
12/ 13/ 4 (С)	1170.06	1.15	0.34
12/ 13/ ПС1+	1063.70	1.04	0.31
12/ 13/ ПС1-	957.33	0.94	0.28
12/ 13/ ПС2+	1063.70	1.04	0.31

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
12/ 13/ ПС2-	957.33	0.94	0.28
12/ 14/ 1	54.73	-0.51	-0.16
12/ 14/ 2	578.33	0.27	1.14
12/ 14/ 3	430.64	0.20	0.85
12/ 14/ 4 (С)	1170.06	-0.04	2.00
12/ 14/ ПС1+	1063.70	-0.03	1.82
12/ 14/ ПС1-	957.33	-0.03	1.64
12/ 14/ ПС2+	1063.70	-0.03	1.82
12/ 14/ ПС2-	957.33	-0.03	1.64
13/ 14/ 1	61.51	0.52	-0.17
13/ 14/ 2	651.92	-0.20	1.08
13/ 14/ 3	484.41	-0.15	0.80
13/ 14/ 4 (С)	1317.63	0.19	1.88
13/ 14/ ПС1+	1197.85	0.17	1.71
13/ 14/ ПС1-	1078.06	0.15	1.54
13/ 14/ ПС2+	1197.85	0.17	1.71
13/ 14/ ПС2-	1078.06	0.15	1.54
13/ 15/ 1	61.51	-0.56	-0.22
13/ 15/ 2	651.92	-0.20	0.48
13/ 15/ 3	484.41	-0.15	0.35
13/ 15/ 4 (С)	1317.63	-1.00	0.67
13/ 15/ ПС1+	1197.85	-0.81	0.60
13/ 15/ ПС1-	1078.06	-0.90	0.54
13/ 15/ ПС2+	1197.85	-0.81	0.60
13/ 15/ ПС2-	1078.06	-0.90	0.54
14/ 15/ 1	61.51	0.56	-0.22
14/ 15/ 2	651.92	0.20	0.48
14/ 15/ 3	484.41	0.15	0.35
14/ 15/ 4 (С)	1317.63	1.00	0.67
14/ 15/ ПС1+	1197.85	0.90	0.60
14/ 15/ ПС1-	1078.06	0.81	0.54
14/ 15/ ПС2+	1197.85	0.90	0.60
14/ 15/ ПС2-	1078.06	0.81	0.54
14/ 16/ 1	61.51	-0.52	-0.17
14/ 16/ 2	651.92	0.20	1.08
14/ 16/ 3	484.41	0.15	0.80
14/ 16/ 4 (С)	1317.63	-0.19	1.88
14/ 16/ ПС1+	1197.85	-0.15	1.71
14/ 16/ ПС1-	1078.06	-0.17	1.54
14/ 16/ ПС2+	1197.85	-0.15	1.71
14/ 16/ ПС2-	1078.06	-0.17	1.54
15/ 16/ 1	54.73	0.51	-0.16
15/ 16/ 2	578.33	-0.27	1.14
15/ 16/ 3	430.64	-0.20	0.85
15/ 16/ 4 (С)	1170.06	0.04	2.00
15/ 16/ ПС1+	1063.70	0.03	1.82
15/ 16/ ПС1-	957.33	0.03	1.64
15/ 16/ ПС2+	1063.70	0.03	1.82

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
15/ 16/ ПС2-	957.33	0.03	1.64
15/ 17/ 1	54.73	-0.56	-0.24
15/ 17/ 2	578.33	-0.27	0.31
15/ 17/ 3	430.64	-0.20	0.23
15/ 17/ 4 (С)	1170.06	-1.15	0.34
15/ 17/ ПС1+	1063.70	-0.94	0.31
15/ 17/ ПС1-	957.33	-1.04	0.28
15/ 17/ ПС2+	1063.70	-0.94	0.31
15/ 17/ ПС2-	957.33	-1.04	0.28
16/ 17/ 1	54.72	0.54	-0.21
16/ 17/ 2	578.18	0.06	0.58
16/ 17/ 3	430.53	0.05	0.43
16/ 17/ 4 (С)	1169.77	0.71	0.87
16/ 17/ ПС1+	1063.43	0.64	0.79
16/ 17/ ПС1-	957.09	0.58	0.71
16/ 17/ ПС2+	1063.43	0.64	0.79
16/ 17/ ПС2-	957.09	0.58	0.71
16/ 18/ 1	54.72	-0.53	-0.20
16/ 18/ 2	578.18	0.06	0.75
16/ 18/ 3	430.53	0.05	0.56
16/ 18/ 4 (С)	1169.77	-0.47	1.22
16/ 18/ ПС1+	1063.43	-0.39	1.11
16/ 18/ ПС1-	957.09	-0.43	1.00
16/ 18/ ПС2+	1063.43	-0.39	1.11
16/ 18/ ПС2-	957.09	-0.43	1.00
17/ 18/ 1	34.37	0.52	-0.19
17/ 18/ 2	359.25	-0.29	0.93
17/ 18/ 3	269.20	-0.21	0.70
17/ 18/ 4 (С)	729.10	0.02	1.59
17/ 18/ ПС1+	662.82	0.02	1.45
17/ 18/ ПС1-	596.54	0.01	1.30
17/ 18/ ПС2+	662.82	0.02	1.45
17/ 18/ ПС2-	596.54	0.01	1.30
17/ 19/ 1	34.37	-0.56	-0.24
17/ 19/ 2	359.25	-0.29	0.07
17/ 19/ 3	269.20	-0.21	0.06
17/ 19/ 4 (С)	729.10	-1.16	-0.13
17/ 19/ ПС1+	662.82	-0.95	-0.10
17/ 19/ ПС1-	596.54	-1.06	-0.12
17/ 19/ ПС2+	662.82	-0.95	-0.10
17/ 19/ ПС2-	596.54	-1.06	-0.12
18/ 19/ 1	34.35	0.50	-0.20
18/ 19/ 2	358.96	-0.11	0.58
18/ 19/ 3	268.99	-0.09	0.44
18/ 19/ 4 (С)	728.54	0.33	0.90
18/ 19/ ПС1+	662.31	0.30	0.82
18/ 19/ ПС1-	596.07	0.27	0.74
18/ 19/ ПС2+	662.31	0.30	0.82

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
18/ 19/ ПС2-	596.07	0.27	0.74
18/ 20/ 1	34.35	-0.57	-0.31
18/ 20/ 2	358.96	-0.11	0.24
18/ 20/ 3	268.99	-0.09	0.18
18/ 20/ 4 (С)	728.54	-0.85	0.13
18/ 20/ ПС1+	662.31	-0.70	0.11
18/ 20/ ПС1-	596.07	-0.77	0.10
18/ 20/ ПС2+	662.31	-0.70	0.11
18/ 20/ ПС2-	596.07	-0.77	0.10
19/ 20/ 1	0.29	0.48	-0.15
19/ 20/ 2	0.27	-0.36	0.56
19/ 20/ 3	0.20	-0.27	0.42
19/ 20/ 4 (С)	0.84	-0.16	0.92
19/ 20/ ПС1+	0.76	-0.13	0.83
19/ 20/ ПС1-	0.69	-0.15	0.75
19/ 20/ ПС2+	0.76	-0.13	0.83
19/ 20/ ПС2-	0.69	-0.15	0.75
19/ 4/ 1	0.29	-0.59	-0.33
19/ 4/ 2	0.27	-0.36	-0.51
19/ 4/ 3	0.20	-0.27	-0.39
19/ 4/ 4 (С)	0.84	-1.35	-1.35
19/ 4/ ПС1+	0.76	-1.10	-1.10
19/ 4/ ПС1-	0.69	-1.22	-1.22
19/ 4/ ПС2+	0.76	-1.10	-1.10
19/ 4/ ПС2-	0.69	-1.22	-1.22
20/ 2/ 1	1.51	0.29	-0.56
20/ 2/ 2	36.54	0.27	-0.33
20/ 2/ 3	28.09	0.20	-0.25
20/ 2/ 4 (С)	72.76	0.84	-1.25
20/ 2/ ПС1+	66.14	0.76	-1.02
20/ 2/ ПС1-	59.53	0.69	-1.14
20/ 2/ ПС2+	66.14	0.76	-1.02
20/ 2/ ПС2-	59.53	0.69	-1.14
20/ 4/ 1	0.59	0.29	0.33
20/ 4/ 2	36.54	0.27	0.51
20/ 4/ 3	28.09	0.20	0.39
20/ 4/ 4 (С)	71.75	0.84	1.35
20/ 4/ ПС1+	65.22	0.76	1.22
20/ 4/ ПС1-	58.70	0.69	1.10
20/ 4/ ПС2+	65.22	0.76	1.22
20/ 4/ ПС2-	58.70	0.69	1.10
21/ 1/ 1	26.58	0.33	0.03
21/ 1/ 2	282.84	0.04	-0.14
21/ 1/ 3	212.44	0.03	-0.10
21/ 1/ 4 (С)	574.04	0.43	-0.23
21/ 1/ ПС1+	521.85	0.39	-0.19
21/ 1/ ПС1-	469.67	0.35	-0.21
21/ 1/ ПС2+	521.85	0.39	-0.19

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
21/ 1/ ПС2-	469.67	0.35	-0.21
21/ 10/ 1	25.66	-0.56	-0.48
21/ 10/ 2	282.84	0.04	0.02
21/ 10/ 3	212.44	0.03	0.02
21/ 10/ 4 (С)	573.03	-0.55	-0.48
21/ 10/ ПС1+	520.94	-0.45	-0.39
21/ 10/ ПС1-	468.84	-0.50	-0.43
21/ 10/ ПС2+	520.94	-0.45	-0.39
21/ 10/ ПС2-	468.84	-0.50	-0.43
22/ 10/ 1	-23.21	0.45	-0.32
22/ 10/ 2	-232.93	-0.06	0.35
22/ 10/ 3	-174.05	-0.05	0.26
22/ 10/ 4 (С)	-473.21	0.38	0.31
22/ 10/ ПС1+	-387.17	0.35	0.29
22/ 10/ ПС1-	-430.19	0.31	0.26
22/ 10/ ПС2+	-387.17	0.35	0.29
22/ 10/ ПС2-	-430.19	0.31	0.26
22/ 5/ 1	-22.29	-0.43	-0.28
22/ 5/ 2	-232.93	-0.06	0.08
22/ 5/ 3	-174.05	-0.05	0.06
22/ 5/ 4 (С)	-472.20	-0.60	-0.15
22/ 5/ ПС1+	-386.35	-0.49	-0.13
22/ 5/ ПС1-	-429.27	-0.54	-0.14
22/ 5/ ПС2+	-386.35	-0.49	-0.13
22/ 5/ ПС2-	-429.27	-0.54	-0.14
23/ 5/ 1	16.70	0.45	-0.33
23/ 5/ 2	182.27	0.06	0.01
23/ 5/ 3	135.11	0.05	0.01
23/ 5/ 4 (С)	367.49	0.62	-0.35
23/ 5/ ПС1+	334.08	0.56	-0.28
23/ 5/ ПС1-	300.67	0.51	-0.32
23/ 5/ ПС2+	334.08	0.56	-0.28
23/ 5/ ПС2-	300.67	0.51	-0.32
23/ 12/ 1	15.78	-0.43	-0.29
23/ 12/ 2	182.27	0.06	0.28
23/ 12/ 3	135.11	0.05	0.21
23/ 12/ 4 (С)	366.48	-0.36	0.22
23/ 12/ ПС1+	333.16	-0.29	0.20
23/ 12/ ПС1-	299.84	-0.32	0.18
23/ 12/ ПС2+	333.16	-0.29	0.20
23/ 12/ ПС2-	299.84	-0.32	0.18
24/ 5/ 1	1.97	-0.02	0.02
24/ 5/ 2	36.35	-0.28	0.36
24/ 5/ 3	27.95	-0.21	0.27
24/ 5/ 4 (С)	72.90	-0.56	0.72
24/ 5/ ПС1+	66.28	-0.46	0.65
24/ 5/ ПС1-	59.65	-0.51	0.59
24/ 5/ ПС2+	66.28	-0.46	0.65

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
24/ 5/ ПС2-	59.65	-0.51	0.59
24/ 11/ 1	1.05	-0.02	-0.05
24/ 11/ 2	36.35	-0.28	-0.51
24/ 11/ 3	27.95	-0.21	-0.38
24/ 11/ 4 (С)	71.89	-0.56	-1.03
24/ 11/ ПС1+	65.36	-0.46	-0.84
24/ 11/ ПС1-	58.82	-0.51	-0.94
24/ 11/ ПС2+	65.36	-0.46	-0.84
24/ 11/ ПС2-	58.82	-0.51	-0.94
25/ 12/ 1	-13.48	0.44	-0.28
25/ 12/ 2	-132.54	-0.08	0.47
25/ 12/ 3	-96.86	-0.06	0.35
25/ 12/ 4 (С)	-267.17	0.32	0.59
25/ 12/ ПС1+	-218.59	0.29	0.54
25/ 12/ ПС1-	-242.88	0.26	0.48
25/ 12/ ПС2+	-218.59	0.29	0.54
25/ 12/ ПС2-	-242.88	0.26	0.48
25/ 6/ 1	-12.56	-0.45	-0.31
25/ 6/ 2	-132.54	-0.08	0.11
25/ 6/ 3	-96.86	-0.06	0.08
25/ 6/ 4 (С)	-266.16	-0.65	-0.13
25/ 6/ ПС1+	-217.77	-0.54	-0.10
25/ 6/ ПС1-	-241.96	-0.59	-0.11
25/ 6/ ПС2+	-217.77	-0.54	-0.10
25/ 6/ ПС2-	-241.96	-0.59	-0.11
26/ 6/ 1	2.02	-0.01	0.02
26/ 6/ 2	38.40	-0.15	0.19
26/ 6/ 3	28.07	-0.11	0.14
26/ 6/ 4 (С)	75.34	-0.29	0.37
26/ 6/ ПС1+	68.49	-0.24	0.34
26/ 6/ ПС1-	61.64	-0.26	0.31
26/ 6/ ПС2+	68.49	-0.24	0.34
26/ 6/ ПС2-	61.64	-0.26	0.31
26/ 13/ 1	1.11	-0.01	-0.02
26/ 13/ 2	38.40	-0.15	-0.26
26/ 13/ 3	28.07	-0.11	-0.19
26/ 13/ 4 (С)	74.33	-0.29	-0.53
26/ 13/ ПС1+	67.58	-0.24	-0.43
26/ 13/ ПС1-	60.82	-0.26	-0.48
26/ 13/ ПС2+	67.58	-0.24	-0.43
26/ 13/ ПС2-	60.82	-0.26	-0.48
27/ 6/ 1	6.93	0.45	-0.31
27/ 6/ 2	78.98	0.09	0.06
27/ 6/ 3	57.71	0.07	0.05
27/ 6/ 4 (С)	157.98	0.67	-0.22
27/ 6/ ПС1+	143.62	0.61	-0.18
27/ 6/ ПС1-	129.26	0.55	-0.20
27/ 6/ ПС2+	143.62	0.61	-0.18

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
27/ 6/ ПС2-	129.26	0.55	-0.20
27/ 14/ 1	6.01	-0.44	-0.28
27/ 14/ 2	78.98	0.09	0.45
27/ 14/ 3	57.71	0.07	0.33
27/ 14/ 4 (С)	156.97	-0.31	0.55
27/ 14/ ПС1+	142.70	-0.25	0.50
27/ 14/ ПС1-	128.43	-0.28	0.45
27/ 14/ ПС2+	142.70	-0.25	0.50
27/ 14/ ПС2-	128.43	-0.28	0.45
28/ 14/ 1	-3.74	0.44	-0.27
28/ 14/ 2	-26.84	-0.09	0.51
28/ 14/ 3	-19.62	-0.07	0.38
28/ 14/ 4 (С)	-55.21	0.30	0.68
28/ 14/ ПС1+	-45.17	0.27	0.61
28/ 14/ ПС1-	-50.19	0.24	0.55
28/ 14/ ПС2+	-45.17	0.27	0.61
28/ 14/ ПС2-	-50.19	0.24	0.55
28/ 7/ 1	-2.82	-0.45	-0.31
28/ 7/ 2	-26.84	-0.09	0.10
28/ 7/ 3	-19.62	-0.07	0.07
28/ 7/ 4 (С)	-54.20	-0.68	-0.15
28/ 7/ ПС1+	-44.35	-0.56	-0.12
28/ 7/ ПС1-	-49.28	-0.62	-0.13
28/ 7/ ПС2+	-44.35	-0.56	-0.12
28/ 7/ ПС2-	-49.28	-0.62	-0.13
29/ 7/ 1	2.03	-0.00	0.00
29/ 7/ 2	38.47	-0.00	0.00
29/ 7/ 3	28.12	-0.00	0.00
29/ 7/ 4 (С)	75.48	-0.00	0.00
29/ 7/ ПС1+	68.62	-0.00	0.00
29/ 7/ ПС1-	61.76	-0.00	0.00
29/ 7/ ПС2+	68.62	-0.00	0.00
29/ 7/ ПС2-	61.76	-0.00	0.00
29/ 15/ 1	1.11	-0.00	-0.00
29/ 15/ 2	38.47	-0.00	-0.00
29/ 15/ 3	28.12	-0.00	-0.00
29/ 15/ 4 (С)	74.47	-0.00	-0.00
29/ 15/ ПС1+	67.70	-0.00	-0.00
29/ 15/ ПС1-	60.93	-0.00	-0.00
29/ 15/ ПС2+	67.70	-0.00	-0.00
29/ 15/ ПС2-	60.93	-0.00	-0.00
30/ 7/ 1	-2.82	0.45	-0.31
30/ 7/ 2	-26.84	0.09	0.10
30/ 7/ 3	-19.62	0.07	0.07
30/ 7/ 4 (С)	-54.20	0.68	-0.15
30/ 7/ ПС1+	-44.35	0.62	-0.12
30/ 7/ ПС1-	-49.28	0.56	-0.13
30/ 7/ ПС2+	-44.35	0.62	-0.12

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
30/ 7/ ПС2-	-49.28	0.56	-0.13
30/ 16/ 1	-3.74	-0.44	-0.27
30/ 16/ 2	-26.84	0.09	0.51
30/ 16/ 3	-19.62	0.07	0.38
30/ 16/ 4 (С)	-55.21	-0.30	0.68
30/ 16/ ПС1+	-45.17	-0.24	0.61
30/ 16/ ПС1-	-50.19	-0.27	0.55
30/ 16/ ПС2+	-45.17	-0.24	0.61
30/ 16/ ПС2-	-50.19	-0.27	0.55
31/ 16/ 1	6.01	0.44	-0.28
31/ 16/ 2	78.98	-0.09	0.45
31/ 16/ 3	57.71	-0.07	0.33
31/ 16/ 4 (С)	156.97	0.31	0.55
31/ 16/ ПС1+	142.70	0.28	0.50
31/ 16/ ПС1-	128.43	0.25	0.45
31/ 16/ ПС2+	142.70	0.28	0.50
31/ 16/ ПС2-	128.43	0.25	0.45
31/ 8/ 1	6.93	-0.45	-0.31
31/ 8/ 2	78.98	-0.09	0.06
31/ 8/ 3	57.71	-0.07	0.05
31/ 8/ 4 (С)	157.98	-0.67	-0.22
31/ 8/ ПС1+	143.62	-0.55	-0.18
31/ 8/ ПС1-	129.26	-0.61	-0.20
31/ 8/ ПС2+	143.62	-0.55	-0.18
31/ 8/ ПС2-	129.26	-0.61	-0.20
32/ 8/ 1	-12.56	0.45	-0.31
32/ 8/ 2	-132.54	0.08	0.11
32/ 8/ 3	-96.86	0.06	0.08
32/ 8/ 4 (С)	-266.16	0.65	-0.13
32/ 8/ ПС1+	-217.77	0.59	-0.10
32/ 8/ ПС1-	-241.96	0.54	-0.11
32/ 8/ ПС2+	-217.77	0.59	-0.10
32/ 8/ ПС2-	-241.96	0.54	-0.11
32/ 18/ 1	-13.48	-0.44	-0.28
32/ 18/ 2	-132.54	0.08	0.47
32/ 18/ 3	-96.86	0.06	0.35
32/ 18/ 4 (С)	-267.17	-0.32	0.59
32/ 18/ ПС1+	-218.59	-0.26	0.54
32/ 18/ ПС1-	-242.88	-0.29	0.48
32/ 18/ ПС2+	-218.59	-0.26	0.54
32/ 18/ ПС2-	-242.88	-0.29	0.48
33/ 8/ 1	2.02	0.01	-0.02
33/ 8/ 2	38.40	0.15	-0.19
33/ 8/ 3	28.07	0.11	-0.14
33/ 8/ 4 (С)	75.34	0.29	-0.37
33/ 8/ ПС1+	68.49	0.26	-0.31
33/ 8/ ПС1-	61.64	0.24	-0.34
33/ 8/ ПС2+	68.49	0.26	-0.31

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
33/ 8/ ПС2-	61.64	0.24	-0.34
33/ 17/ 1	1.11	0.01	0.02
33/ 17/ 2	38.40	0.15	0.26
33/ 17/ 3	28.07	0.11	0.19
33/ 17/ 4 (С)	74.33	0.29	0.53
33/ 17/ ПС1+	67.58	0.26	0.48
33/ 17/ ПС1-	60.82	0.24	0.43
33/ 17/ ПС2+	67.58	0.26	0.48
33/ 17/ ПС2-	60.82	0.24	0.43
34/ 18/ 1	15.78	0.43	-0.29
34/ 18/ 2	182.27	-0.06	0.28
34/ 18/ 3	135.11	-0.05	0.21
34/ 18/ 4 (С)	366.48	0.36	0.22
34/ 18/ ПС1+	333.16	0.32	0.20
34/ 18/ ПС1-	299.84	0.29	0.18
34/ 18/ ПС2+	333.16	0.32	0.20
34/ 18/ ПС2-	299.84	0.29	0.18
34/ 9/ 1	16.70	-0.45	-0.33
34/ 9/ 2	182.27	-0.06	0.01
34/ 9/ 3	135.11	-0.05	0.01
34/ 9/ 4 (С)	367.49	-0.62	-0.35
34/ 9/ ПС1+	334.08	-0.51	-0.28
34/ 9/ ПС1-	300.67	-0.56	-0.32
34/ 9/ ПС2+	334.08	-0.51	-0.28
34/ 9/ ПС2-	300.67	-0.56	-0.32
35/ 9/ 1	1.97	0.02	-0.02
35/ 9/ 2	36.35	0.28	-0.36
35/ 9/ 3	27.95	0.21	-0.27
35/ 9/ 4 (С)	72.90	0.56	-0.72
35/ 9/ ПС1+	66.28	0.51	-0.59
35/ 9/ ПС1-	59.65	0.46	-0.65
35/ 9/ ПС2+	66.28	0.51	-0.59
35/ 9/ ПС2-	59.65	0.46	-0.65
35/ 19/ 1	1.05	0.02	0.05
35/ 19/ 2	36.35	0.28	0.51
35/ 19/ 3	27.95	0.21	0.38
35/ 19/ 4 (С)	71.89	0.56	1.03
35/ 19/ ПС1+	65.36	0.51	0.94
35/ 19/ ПС1-	58.82	0.46	0.84
35/ 19/ ПС2+	65.36	0.51	0.94
35/ 19/ ПС2-	58.82	0.46	0.84
36/ 9/ 1	-22.29	0.43	-0.28
36/ 9/ 2	-232.93	0.06	0.08
36/ 9/ 3	-174.05	0.05	0.06
36/ 9/ 4 (С)	-472.20	0.60	-0.15
36/ 9/ ПС1+	-386.35	0.54	-0.13
36/ 9/ ПС1-	-429.27	0.49	-0.14
36/ 9/ ПС2+	-386.35	0.54	-0.13

Стержень/Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
36/ 9/ ПС2-	-429.27	0.49	-0.14
36/ 20/ 1	-23.21	-0.45	-0.32
36/ 20/ 2	-232.93	0.06	0.35
36/ 20/ 3	-174.05	0.05	0.26
36/ 20/ 4 (С)	-473.21	-0.38	0.31
36/ 20/ ПС1+	-387.17	-0.31	0.29
36/ 20/ ПС1-	-430.19	-0.35	0.26
36/ 20/ ПС2+	-387.17	-0.31	0.29
36/ 20/ ПС2-	-430.19	-0.35	0.26
37/ 20/ 1	25.66	0.56	-0.48
37/ 20/ 2	282.84	-0.04	0.02
37/ 20/ 3	212.44	-0.03	0.02
37/ 20/ 4 (С)	573.03	0.55	-0.48
37/ 20/ ПС1+	520.94	0.50	-0.39
37/ 20/ ПС1-	468.84	0.45	-0.43
37/ 20/ ПС2+	520.94	0.50	-0.39
37/ 20/ ПС2-	468.84	0.45	-0.43
37/ 2/ 1	26.58	-0.33	0.03
37/ 2/ 2	282.84	-0.04	-0.14
37/ 2/ 3	212.44	-0.03	-0.10
37/ 2/ 4 (С)	574.04	-0.43	-0.23
37/ 2/ ПС1+	521.85	-0.35	-0.19
37/ 2/ ПС1-	469.67	-0.39	-0.21
37/ 2/ ПС2+	521.85	-0.35	-0.19
37/ 2/ ПС2-	469.67	-0.39	-0.21

Зусилля: Значення

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
1/ 3/ 1	4.53	-1.65	4.46	-1.71	0.06
1/ 3/ 2	7.07	-2.64	7.01	-2.69	0.06
1/ 3/ 3	5.31	-1.98	5.26	-2.02	0.04
1/ 3/ 4 (С)	18.60	-6.89	18.42	-7.07	0.18
1/ 3/ ПС1+	16.90	-5.64	16.74	-5.79	0.16
1/ 3/ ПС1-	15.21	-6.27	15.07	-6.43	0.15
1/ 3/ ПС2+	16.90	-5.64	16.74	-5.79	0.16
1/ 3/ ПС2-	15.21	-6.27	15.07	-6.43	0.15
1/ 10/ 1	2.16	-0.74	2.10	-0.81	0.06
1/ 10/ 2	3.02	-7.65	2.96	-7.71	0.06
1/ 10/ 3	2.27	-5.75	2.22	-5.79	0.04
1/ 10/ 4 (С)	5.00	-12.36	4.82	-12.54	0.18
1/ 10/ ПС1+	4.54	-10.11	4.38	-10.26	0.16
1/ 10/ ПС1-	4.09	-11.23	3.94	-11.40	0.15
1/ 10/ ПС2+	4.54	-10.11	4.38	-10.26	0.16

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
1/ 10/ ПС2-	4.09	-11.23	3.94	-11.40	0.15
2/ 1/ 1	4.84	-10.88	4.45	-11.27	0.39
2/ 1/ 2	12.09	2.92	2.60	-6.58	9.50
2/ 1/ 3	9.25	2.36	1.95	-4.94	7.30
2/ 1/ 4 (С)	28.80	-6.16	9.89	-25.07	18.91
2/ 1/ ПС1+	26.18	-5.04	8.99	-20.51	17.19
2/ 1/ ПС1-	23.56	-5.60	8.09	-22.79	15.47
2/ 1/ ПС2+	26.18	-5.04	8.99	-20.51	17.19
2/ 1/ ПС2-	23.56	-5.60	8.09	-22.79	15.47
2/ 3/ 1	6.70	-2.43	6.54	-2.58	0.15
2/ 3/ 2	19.78	5.44	10.28	-4.06	9.50
2/ 3/ 3	15.01	4.26	7.71	-3.04	7.30
2/ 3/ 4 (С)	45.64	7.99	26.99	-10.65	18.64
2/ 3/ ПС1+	41.49	7.26	24.54	-8.72	16.95
2/ 3/ ПС1-	37.34	6.54	22.08	-9.68	15.25
2/ 3/ ПС2+	41.49	7.26	24.54	-8.72	16.95
2/ 3/ ПС2-	37.34	6.54	22.08	-9.68	15.25
3/ 1/ 1	13.92	-14.46	20.04	-8.34	-6.12
3/ 1/ 2	-58.60	-67.72	6.44	-2.68	-65.04
3/ 1/ 3	-44.03	-50.86	4.82	-2.01	-48.85
3/ 1/ 4 (С)	-97.57	-146.33	34.44	-14.32	-132.01
3/ 1/ ПС1+	-79.83	-119.73	31.31	-11.72	-108.01
3/ 1/ ПС1-	-88.70	-133.03	28.18	-13.02	-120.01
3/ 1/ ПС2+	-79.83	-119.73	31.31	-11.72	-108.01
3/ 1/ ПС2-	-88.70	-133.03	28.18	-13.02	-120.01
3/ 5/ 1	18.54	-16.38	24.66	-10.26	-6.12
3/ 5/ 2	-60.87	-75.07	4.17	-10.03	-65.04
3/ 5/ 3	-45.72	-56.37	3.13	-7.52	-48.85
3/ 5/ 4 (С)	-124.20	-135.26	7.81	-3.25	-132.01
3/ 5/ ПС1+	-101.62	-110.67	7.10	-2.66	-108.01
3/ 5/ ПС1-	-112.91	-122.96	6.39	-2.95	-120.01
3/ 5/ ПС2+	-101.62	-110.67	7.10	-2.66	-108.01
3/ 5/ ПС2-	-112.91	-122.96	6.39	-2.95	-120.01
4/ 5/ 1	8.66	-24.95	23.74	-9.87	-15.08
4/ 5/ 2	-160.36	-160.78	0.12	-0.30	-160.49
4/ 5/ 3	-119.81	-120.20	0.11	-0.27	-119.92
4/ 5/ 4 (С)	-299.55	-335.64	25.49	-10.60	-325.04
4/ 5/ ПС1+	-245.09	-274.61	23.17	-8.67	-265.94
4/ 5/ ПС1-	-272.32	-305.12	20.85	-9.64	-295.49
4/ 5/ ПС2+	-245.09	-274.61	23.17	-8.67	-265.94
4/ 5/ ПС2-	-272.32	-305.12	20.85	-9.64	-295.49
4/ 6/ 1	7.59	-24.51	22.67	-9.43	-15.08
4/ 6/ 2	-156.53	-170.00	3.96	-9.52	-160.49
4/ 6/ 3	-116.99	-126.98	2.94	-7.06	-119.92
4/ 6/ 4 (С)	-318.33	-327.82	6.70	-2.79	-325.04
4/ 6/ ПС1+	-260.45	-268.22	6.09	-2.28	-265.94

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
4/ 6/ ПС1-	-289.39	-298.02	5.48	-2.53	-295.49
4/ 6/ ПС2+	-260.45	-268.22	6.09	-2.28	-265.94
4/ 6/ ПС2-	-289.39	-298.02	5.48	-2.53	-295.49
5/ 6/ 1	3.61	-29.19	23.16	-9.63	-19.56
5/ 6/ 2	-207.11	-213.93	2.00	-4.82	-209.11
5/ 6/ 3	-153.96	-159.06	1.50	-3.60	-155.46
5/ 6/ 4 (С)	-406.32	-429.28	16.22	-6.75	-422.54
5/ 6/ ПС1+	-332.44	-351.23	14.74	-5.52	-345.71
5/ 6/ ПС1-	-369.38	-390.26	13.27	-6.13	-384.13
5/ 6/ ПС2+	-332.44	-351.23	14.74	-5.52	-345.71
5/ 6/ ПС2-	-369.38	-390.26	13.27	-6.13	-384.13
5/ 7/ 1	3.33	-29.08	22.89	-9.52	-19.56
5/ 7/ 2	-205.82	-217.03	3.29	-7.92	-209.11
5/ 7/ 3	-153.02	-161.32	2.44	-5.87	-155.46
5/ 7/ 4 (С)	-412.52	-426.70	10.01	-4.17	-422.54
5/ 7/ ПС1+	-337.52	-349.12	9.10	-3.41	-345.71
5/ 7/ ПС1-	-375.02	-387.91	8.19	-3.79	-384.13
5/ 7/ ПС2+	-337.52	-349.12	9.10	-3.41	-345.71
5/ 7/ ПС2-	-375.02	-387.91	8.19	-3.79	-384.13
6/ 7/ 1	3.33	-29.08	22.89	-9.52	-19.56
6/ 7/ 2	-205.82	-217.03	3.29	-7.92	-209.11
6/ 7/ 3	-153.02	-161.32	2.44	-5.87	-155.46
6/ 7/ 4 (С)	-412.52	-426.70	10.01	-4.17	-422.54
6/ 7/ ПС1+	-337.52	-349.12	9.10	-3.41	-345.71
6/ 7/ ПС1-	-375.02	-387.91	8.19	-3.79	-384.13
6/ 7/ ПС2+	-337.52	-349.12	9.10	-3.41	-345.71
6/ 7/ ПС2-	-375.02	-387.91	8.19	-3.79	-384.13
6/ 8/ 1	3.61	-29.19	23.16	-9.63	-19.56
6/ 8/ 2	-207.11	-213.93	2.00	-4.82	-209.11
6/ 8/ 3	-153.96	-159.06	1.50	-3.60	-155.46
6/ 8/ 4 (С)	-406.32	-429.28	16.22	-6.75	-422.54
6/ 8/ ПС1+	-332.44	-351.23	14.74	-5.52	-345.71
6/ 8/ ПС1-	-369.38	-390.26	13.27	-6.13	-384.13
6/ 8/ ПС2+	-332.44	-351.23	14.74	-5.52	-345.71
6/ 8/ ПС2-	-369.38	-390.26	13.27	-6.13	-384.13
7/ 8/ 1	7.59	-24.51	22.67	-9.43	-15.08
7/ 8/ 2	-156.53	-170.00	3.96	-9.52	-160.49
7/ 8/ 3	-116.99	-126.98	2.94	-7.06	-119.92
7/ 8/ 4 (С)	-318.33	-327.82	6.70	-2.79	-325.04
7/ 8/ ПС1+	-260.45	-268.22	6.09	-2.28	-265.94
7/ 8/ ПС1-	-289.39	-298.02	5.48	-2.53	-295.49
7/ 8/ ПС2+	-260.45	-268.22	6.09	-2.28	-265.94
7/ 8/ ПС2-	-289.39	-298.02	5.48	-2.53	-295.49
7/ 9/ 1	8.66	-24.95	23.74	-9.87	-15.08
7/ 9/ 2	-160.36	-160.78	0.12	-0.30	-160.49
7/ 9/ 3	-119.81	-120.20	0.11	-0.27	-119.92

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
7/ 9/ 4 (C)	-299.55	-335.64	25.49	-10.60	-325.04
7/ 9/ ПС1+	-245.09	-274.61	23.17	-8.67	-265.94
7/ 9/ ПС1-	-272.32	-305.12	20.85	-9.64	-295.49
7/ 9/ ПС2+	-245.09	-274.61	23.17	-8.67	-265.94
7/ 9/ ПС2-	-272.32	-305.12	20.85	-9.64	-295.49
8/ 9/ 1	18.54	-16.38	24.66	-10.26	-6.12
8/ 9/ 2	-60.87	-75.07	4.17	-10.03	-65.04
8/ 9/ 3	-45.72	-56.37	3.13	-7.52	-48.85
8/ 9/ 4 (C)	-124.20	-135.26	7.81	-3.25	-132.01
8/ 9/ ПС1+	-101.62	-110.67	7.10	-2.66	-108.01
8/ 9/ ПС1-	-112.91	-122.96	6.39	-2.95	-120.01
8/ 9/ ПС2+	-101.62	-110.67	7.10	-2.66	-108.01
8/ 9/ ПС2-	-112.91	-122.96	6.39	-2.95	-120.01
8/ 2/ 1	13.92	-14.46	20.04	-8.34	-6.12
8/ 2/ 2	-58.60	-67.72	6.44	-2.68	-65.04
8/ 2/ 3	-44.03	-50.86	4.82	-2.01	-48.85
8/ 2/ 4 (C)	-97.57	-146.33	34.44	-14.32	-132.01
8/ 2/ ПС1+	-79.83	-119.73	31.31	-11.72	-108.01
8/ 2/ ПС1-	-88.70	-133.03	28.18	-13.02	-120.01
8/ 2/ ПС2+	-79.83	-119.73	31.31	-11.72	-108.01
8/ 2/ ПС2-	-88.70	-133.03	28.18	-13.02	-120.01
9/ 10/ 1	11.60	5.77	4.21	-1.62	7.39
9/ 10/ 2	78.50	73.93	1.27	-3.30	77.23
9/ 10/ 3	58.82	55.39	0.95	-2.48	57.87
9/ 10/ 4 (C)	157.40	155.02	0.66	-1.72	156.74
9/ 10/ ПС1+	143.09	140.93	0.60	-1.41	142.49
9/ 10/ ПС1-	128.78	126.84	0.54	-1.56	128.24
9/ 10/ ПС2+	143.09	140.93	0.60	-1.41	142.49
9/ 10/ ПС2-	128.78	126.84	0.54	-1.56	128.24
9/ 11/ 1	10.06	6.36	2.67	-1.03	7.39
9/ 11/ 2	80.28	69.29	3.05	-7.94	77.23
9/ 11/ 3	60.17	51.90	2.29	-5.97	57.87
9/ 11/ 4 (C)	161.49	144.38	4.75	-12.36	156.74
9/ 11/ ПС1+	146.81	131.25	4.32	-10.11	142.49
9/ 11/ ПС1-	132.13	118.13	3.88	-11.24	128.24
9/ 11/ ПС2+	146.81	131.25	4.32	-10.11	142.49
9/ 11/ ПС2-	132.13	118.13	3.88	-11.24	128.24
10/ 11/ 1	10.73	6.11	3.34	-1.28	7.39
10/ 11/ 2	77.66	76.32	0.37	-0.97	77.29
10/ 11/ 3	58.22	57.13	0.30	-0.78	57.92
10/ 11/ 4 (C)	158.61	156.19	1.74	-0.67	156.86
10/ 11/ ПС1+	144.19	141.99	1.58	-0.55	142.60
10/ 11/ ПС1-	129.77	127.79	1.43	-0.61	128.34
10/ 11/ ПС2+	144.19	141.99	1.58	-0.55	142.60
10/ 11/ ПС2-	129.77	127.79	1.43	-0.61	128.34
10/ 12/ 1	9.96	6.41	2.56	-0.98	7.39

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
10/ 12/ 2	82.20	64.52	4.91	-12.77	77.29
10/ 12/ 3	61.59	48.37	3.67	-9.55	57.92
10/ 12/ 4 (C)	165.21	135.12	8.35	-21.74	156.86
10/ 12/ ПС1+	150.19	122.84	7.59	-17.79	142.60
10/ 12/ ПС1-	135.17	110.55	6.83	-19.76	128.34
10/ 12/ ПС2+	150.19	122.84	7.59	-17.79	142.60
10/ 12/ ПС2-	135.17	110.55	6.83	-19.76	128.34
11/ 12/ 1	14.47	10.73	2.70	-1.04	11.77
11/ 12/ 2	128.32	114.17	3.93	-10.22	124.39
11/ 12/ 3	95.58	84.93	2.95	-7.69	92.63
11/ 12/ 4 (C)	258.10	234.94	6.43	-16.73	251.67
11/ 12/ ПС1+	234.64	213.58	5.84	-13.69	228.79
11/ 12/ ПС1-	211.17	192.22	5.26	-15.21	205.91
11/ 12/ ПС2+	234.64	213.58	5.84	-13.69	228.79
11/ 12/ ПС2-	211.17	192.22	5.26	-15.21	205.91
11/ 13/ 1	14.71	10.64	2.93	-1.13	11.77
11/ 13/ 2	127.43	116.49	3.04	-7.91	124.39
11/ 13/ 3	94.86	86.81	2.23	-5.82	92.63
11/ 13/ 4 (C)	256.23	239.81	4.56	-11.86	251.67
11/ 13/ ПС1+	232.94	218.01	4.14	-9.71	228.79
11/ 13/ ПС1-	209.64	196.21	3.73	-10.79	205.91
11/ 13/ ПС2+	232.94	218.01	4.14	-9.71	228.79
11/ 13/ ПС2-	209.64	196.21	3.73	-10.79	205.91
12/ 13/ 1	15.05	10.52	3.27	-1.26	11.78
12/ 13/ 2	126.07	120.13	1.65	-4.29	124.43
12/ 13/ 3	93.87	89.47	1.22	-3.18	92.65
12/ 13/ 4 (C)	253.51	247.12	1.77	-4.62	251.74
12/ 13/ ПС1+	230.46	224.65	1.61	-3.78	228.85
12/ 13/ ПС1-	207.42	202.19	1.45	-4.20	205.97
12/ 13/ ПС2+	230.46	224.65	1.61	-3.78	228.85
12/ 13/ ПС2-	207.42	202.19	1.45	-4.20	205.97
12/ 14/ 1	13.97	10.93	2.20	-0.84	11.78
12/ 14/ 2	130.39	108.89	5.97	-15.54	124.43
12/ 14/ 3	97.09	81.09	4.44	-11.56	92.65
12/ 14/ 4 (C)	262.25	224.35	10.52	-27.39	251.74
12/ 14/ ПС1+	238.41	203.95	9.56	-22.41	228.85
12/ 14/ ПС1-	214.57	183.56	8.61	-24.90	205.97
12/ 14/ ПС2+	238.41	203.95	9.56	-22.41	228.85
12/ 14/ ПС2-	214.57	183.56	8.61	-24.90	205.97
13/ 14/ 1	15.51	12.36	2.28	-0.88	13.23
13/ 14/ 2	145.91	125.55	5.65	-14.70	140.26
13/ 14/ 3	108.42	93.28	4.20	-10.94	104.22
13/ 14/ 4 (C)	293.36	257.78	9.87	-25.71	283.48
13/ 14/ ПС1+	266.69	234.34	8.98	-21.03	257.71
13/ 14/ ПС1-	240.02	210.91	8.08	-23.37	231.94
13/ 14/ ПС2+	266.69	234.34	8.98	-21.03	257.71

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
13/ 14/ ПС2-	240.02	210.91	8.08	-23.37	231.94
13/ 15/ 1	16.30	12.06	3.07	-1.18	13.23
13/ 15/ 2	142.76	133.74	2.50	-6.52	140.26
13/ 15/ 3	106.07	99.41	1.85	-4.81	104.22
13/ 15/ 4 (С)	286.98	274.39	3.49	-9.09	283.48
13/ 15/ ПС1+	260.89	249.45	3.18	-7.44	257.71
13/ 15/ ПС1-	234.80	224.50	2.86	-8.27	231.94
13/ 15/ ПС2+	260.89	249.45	3.18	-7.44	257.71
13/ 15/ ПС2-	234.80	224.50	2.86	-8.27	231.94
14/ 15/ 1	16.30	12.06	3.07	-1.18	13.23
14/ 15/ 2	142.76	133.74	2.50	-6.52	140.26
14/ 15/ 3	106.07	99.41	1.85	-4.81	104.22
14/ 15/ 4 (С)	286.98	274.39	3.49	-9.09	283.48
14/ 15/ ПС1+	260.89	249.45	3.18	-7.44	257.71
14/ 15/ ПС1-	234.80	224.50	2.86	-8.27	231.94
14/ 15/ ПС2+	260.89	249.45	3.18	-7.44	257.71
14/ 15/ ПС2-	234.80	224.50	2.86	-8.27	231.94
14/ 16/ 1	15.51	12.36	2.28	-0.88	13.23
14/ 16/ 2	145.91	125.55	5.65	-14.70	140.26
14/ 16/ 3	108.42	93.28	4.20	-10.94	104.22
14/ 16/ 4 (С)	293.36	257.78	9.87	-25.71	283.48
14/ 16/ ПС1+	266.69	234.34	8.98	-21.03	257.71
14/ 16/ ПС1-	240.02	210.91	8.08	-23.37	231.94
14/ 16/ ПС2+	266.69	234.34	8.98	-21.03	257.71
14/ 16/ ПС2-	240.02	210.91	8.08	-23.37	231.94
15/ 16/ 1	13.97	10.93	2.20	-0.84	11.78
15/ 16/ 2	130.39	108.89	5.97	-15.54	124.43
15/ 16/ 3	97.09	81.09	4.44	-11.56	92.65
15/ 16/ 4 (С)	262.25	224.35	10.52	-27.39	251.74
15/ 16/ ПС1+	238.41	203.95	9.56	-22.41	228.85
15/ 16/ ПС1-	214.57	183.56	8.61	-24.90	205.97
15/ 16/ ПС2+	238.41	203.95	9.56	-22.41	228.85
15/ 16/ ПС2-	214.57	183.56	8.61	-24.90	205.97
15/ 17/ 1	15.05	10.52	3.27	-1.26	11.78
15/ 17/ 2	126.07	120.13	1.65	-4.29	124.43
15/ 17/ 3	93.87	89.47	1.22	-3.18	92.65
15/ 17/ 4 (С)	253.51	247.12	1.77	-4.62	251.74
15/ 17/ ПС1+	230.46	224.65	1.61	-3.78	228.85
15/ 17/ ПС1-	207.42	202.19	1.45	-4.20	205.97
15/ 17/ ПС2+	230.46	224.65	1.61	-3.78	228.85
15/ 17/ ПС2-	207.42	202.19	1.45	-4.20	205.97
16/ 17/ 1	14.71	10.64	2.93	-1.13	11.77
16/ 17/ 2	127.43	116.49	3.04	-7.91	124.39
16/ 17/ 3	94.86	86.81	2.23	-5.82	92.63
16/ 17/ 4 (С)	256.23	239.81	4.56	-11.86	251.67
16/ 17/ ПС1+	232.94	218.01	4.14	-9.71	228.79

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
16/ 17/ ПС1-	209.64	196.21	3.73	-10.79	205.91
16/ 17/ ПС2+	232.94	218.01	4.14	-9.71	228.79
16/ 17/ ПС2-	209.64	196.21	3.73	-10.79	205.91
16/ 18/ 1	14.47	10.73	2.70	-1.04	11.77
16/ 18/ 2	128.32	114.17	3.93	-10.22	124.39
16/ 18/ 3	95.58	84.93	2.95	-7.69	92.63
16/ 18/ 4 (С)	258.10	234.94	6.43	-16.73	251.67
16/ 18/ ПС1+	234.64	213.58	5.84	-13.69	228.79
16/ 18/ ПС1-	211.17	192.22	5.26	-15.21	205.91
16/ 18/ ПС2+	234.64	213.58	5.84	-13.69	228.79
16/ 18/ ПС2-	211.17	192.22	5.26	-15.21	205.91
17/ 18/ 1	9.96	6.41	2.56	-0.98	7.39
17/ 18/ 2	82.20	64.52	4.91	-12.77	77.29
17/ 18/ 3	61.59	48.37	3.67	-9.55	57.92
17/ 18/ 4 (С)	165.21	135.12	8.35	-21.74	156.86
17/ 18/ ПС1+	150.19	122.84	7.59	-17.79	142.60
17/ 18/ ПС1-	135.17	110.55	6.83	-19.76	128.34
17/ 18/ ПС2+	150.19	122.84	7.59	-17.79	142.60
17/ 18/ ПС2-	135.17	110.55	6.83	-19.76	128.34
17/ 19/ 1	10.73	6.11	3.34	-1.28	7.39
17/ 19/ 2	77.66	76.32	0.37	-0.97	77.29
17/ 19/ 3	58.22	57.13	0.30	-0.78	57.92
17/ 19/ 4 (С)	158.61	156.19	1.74	-0.67	156.86
17/ 19/ ПС1+	144.19	141.99	1.58	-0.55	142.60
17/ 19/ ПС1-	129.77	127.79	1.43	-0.61	128.34
17/ 19/ ПС2+	144.19	141.99	1.58	-0.55	142.60
17/ 19/ ПС2-	129.77	127.79	1.43	-0.61	128.34
18/ 19/ 1	10.06	6.36	2.67	-1.03	7.39
18/ 19/ 2	80.28	69.29	3.05	-7.94	77.23
18/ 19/ 3	60.17	51.90	2.29	-5.97	57.87
18/ 19/ 4 (С)	161.49	144.38	4.75	-12.36	156.74
18/ 19/ ПС1+	146.81	131.25	4.32	-10.11	142.49
18/ 19/ ПС1-	132.13	118.13	3.88	-11.24	128.24
18/ 19/ ПС2+	146.81	131.25	4.32	-10.11	142.49
18/ 19/ ПС2-	132.13	118.13	3.88	-11.24	128.24
18/ 20/ 1	11.60	5.77	4.21	-1.62	7.39
18/ 20/ 2	78.50	73.93	1.27	-3.30	77.23
18/ 20/ 3	58.82	55.39	0.95	-2.48	57.87
18/ 20/ 4 (С)	157.40	155.02	0.66	-1.72	156.74
18/ 20/ ПС1+	143.09	140.93	0.60	-1.41	142.49
18/ 20/ ПС1-	128.78	126.84	0.54	-1.56	128.24
18/ 20/ ПС2+	143.09	140.93	0.60	-1.41	142.49
18/ 20/ ПС2-	128.78	126.84	0.54	-1.56	128.24
19/ 20/ 1	2.16	-0.74	2.10	-0.81	0.06
19/ 20/ 2	3.02	-7.65	2.96	-7.71	0.06
19/ 20/ 3	2.27	-5.75	2.22	-5.79	0.04

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
19/ 20/ 4 (C)	5.00	-12.36	4.82	-12.54	0.18
19/ 20/ ПС1+	4.54	-10.11	4.38	-10.26	0.16
19/ 20/ ПС1-	4.09	-11.23	3.94	-11.40	0.15
19/ 20/ ПС2+	4.54	-10.11	4.38	-10.26	0.16
19/ 20/ ПС2-	4.09	-11.23	3.94	-11.40	0.15
19/ 4/ 1	4.53	-1.65	4.46	-1.71	0.06
19/ 4/ 2	7.07	-2.64	7.01	-2.69	0.06
19/ 4/ 3	5.31	-1.98	5.26	-2.02	0.04
19/ 4/ 4 (C)	18.60	-6.89	18.42	-7.07	0.18
19/ 4/ ПС1+	16.90	-5.64	16.74	-5.79	0.16
19/ 4/ ПС1-	15.21	-6.27	15.07	-6.43	0.15
19/ 4/ ПС2+	16.90	-5.64	16.74	-5.79	0.16
19/ 4/ ПС2-	15.21	-6.27	15.07	-6.43	0.15
20/ 2/ 1	11.66	-4.06	11.27	-4.45	0.39
20/ 2/ 2	16.07	6.90	6.58	-2.60	9.50
20/ 2/ 3	12.24	5.35	4.94	-1.95	7.30
20/ 2/ 4 (C)	43.97	9.01	25.07	-9.89	18.91
20/ 2/ ПС1+	39.97	8.19	22.79	-8.09	17.19
20/ 2/ ПС1-	35.98	7.38	20.51	-8.99	15.47
20/ 2/ ПС2+	39.97	8.19	22.79	-8.09	17.19
20/ 2/ ПС2-	35.98	7.38	20.51	-8.99	15.47
20/ 4/ 1	2.74	-6.39	2.58	-6.54	0.15
20/ 4/ 2	13.55	-0.79	4.06	-10.28	9.50
20/ 4/ 3	10.34	-0.41	3.04	-7.71	7.30
20/ 4/ 4 (C)	29.30	-8.35	10.65	-26.99	18.64
20/ 4/ ПС1+	26.63	-6.83	9.68	-22.08	16.95
20/ 4/ ПС1-	23.97	-7.59	8.72	-24.54	15.25
20/ 4/ ПС2+	26.63	-6.83	9.68	-22.08	16.95
20/ 4/ ПС2-	23.97	-7.59	8.72	-24.54	15.25
21/ 1/ 1	7.15	6.30	0.24	-0.61	6.91
21/ 1/ 2	76.26	72.41	2.76	-1.09	73.50
21/ 1/ 3	57.29	54.39	2.08	-0.82	55.21
21/ 1/ 4 (C)	153.83	147.34	4.65	-1.84	149.18
21/ 1/ ПС1+	139.85	133.95	4.23	-1.50	135.62
21/ 1/ ПС1-	125.86	120.55	3.81	-1.67	122.06
21/ 1/ ПС2+	139.85	133.95	4.23	-1.50	135.62
21/ 1/ ПС2-	125.86	120.55	3.81	-1.67	122.06
21/ 10/ 1	16.23	2.89	9.57	-3.78	6.67
21/ 10/ 2	73.70	73.00	0.20	-0.50	73.50
21/ 10/ 3	55.36	54.82	0.15	-0.39	55.21
21/ 10/ 4 (C)	158.46	145.15	9.55	-3.77	148.92
21/ 10/ ПС1+	144.06	131.95	8.68	-3.08	135.38
21/ 10/ ПС1-	129.65	118.76	7.81	-3.43	121.84
21/ 10/ ПС2+	144.06	131.95	8.68	-3.08	135.38
21/ 10/ ПС2-	129.65	118.76	7.81	-3.43	121.84
22/ 10/ 1	0.44	-8.58	6.47	-2.55	-6.03

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
22/ 10/ 2	-57.78	-67.50	2.75	-6.96	-60.53
22/ 10/ 3	-43.16	-50.47	2.07	-5.24	-45.23
22/ 10/ 4 (C)	-120.49	-129.29	2.49	-6.31	-122.98
22/ 10/ ПС1+	-98.58	-105.78	2.26	-5.16	-100.62
22/ 10/ ПС1-	-109.53	-117.53	2.04	-5.74	-111.80
22/ 10/ ПС2+	-98.58	-105.78	2.26	-5.16	-100.62
22/ 10/ ПС2-	-109.53	-117.53	2.04	-5.74	-111.80
22/ 5/ 1	-0.13	-8.03	5.67	-2.24	-5.79
22/ 5/ 2	-59.89	-62.17	0.65	-1.64	-60.53
22/ 5/ 3	-44.75	-46.45	0.48	-1.22	-45.23
22/ 5/ 4 (C)	-119.62	-123.93	3.09	-1.22	-122.71
22/ 5/ ПС1+	-97.87	-101.40	2.81	-1.00	-100.40
22/ 5/ ПС1-	-108.75	-112.67	2.53	-1.11	-111.56
22/ 5/ ПС2+	-97.87	-101.40	2.81	-1.00	-100.40
22/ 5/ ПС2-	-108.75	-112.67	2.53	-1.11	-111.56
23/ 5/ 1	10.96	1.73	6.62	-2.61	4.34
23/ 5/ 2	47.44	47.19	0.07	-0.18	47.37
23/ 5/ 3	35.16	34.98	0.05	-0.13	35.11
23/ 5/ 4 (C)	102.45	92.76	6.95	-2.74	95.50
23/ 5/ ПС1+	93.13	84.33	6.32	-2.24	86.82
23/ 5/ ПС1-	83.82	75.89	5.68	-2.49	78.14
23/ 5/ ПС2+	93.13	84.33	6.32	-2.24	86.82
23/ 5/ ПС2-	83.82	75.89	5.68	-2.49	78.14
23/ 12/ 1	9.85	1.83	5.75	-2.27	4.10
23/ 12/ 2	49.57	41.79	2.20	-5.58	47.37
23/ 12/ 3	36.78	30.89	1.67	-4.22	35.11
23/ 12/ 4 (C)	97.00	90.78	1.76	-4.45	95.24
23/ 12/ ПС1+	88.18	82.53	1.60	-3.64	86.58
23/ 12/ ПС1-	79.36	74.28	1.44	-4.05	77.92
23/ 12/ ПС2+	88.18	82.53	1.60	-3.64	86.58
23/ 12/ ПС2-	79.36	74.28	1.44	-4.05	77.92
24/ 5/ 1	0.67	0.10	0.16	-0.41	0.51
24/ 5/ 2	12.30	2.22	2.85	-7.23	9.45
24/ 5/ 3	9.39	1.88	2.13	-5.39	7.26
24/ 5/ 4 (C)	24.60	4.62	5.66	-14.33	18.95
24/ 5/ ПС1+	22.37	4.20	5.14	-11.73	17.22
24/ 5/ ПС1-	20.13	3.78	4.63	-13.03	15.50
24/ 5/ ПС2+	22.37	4.20	5.14	-11.73	17.22
24/ 5/ ПС2-	20.13	3.78	4.63	-13.03	15.50
24/ 11/ 1	1.25	-0.11	0.97	-0.38	0.27
24/ 11/ 2	19.66	5.42	10.21	-4.03	9.45
24/ 11/ 3	14.87	4.26	7.61	-3.00	7.26
24/ 11/ 4 (C)	39.36	10.52	20.67	-8.16	18.68
24/ 11/ ПС1+	35.78	9.57	18.79	-6.68	16.98
24/ 11/ ПС1-	32.20	8.61	16.91	-7.42	15.29
24/ 11/ ПС2+	35.78	9.57	18.79	-6.68	16.98

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
24/ 11/ ПС2-	32.20	8.61	16.91	-7.42	15.29
25/ 12/ 1	2.05	-5.69	5.55	-2.19	-3.50
25/ 12/ 2	-30.76	-43.77	3.68	-9.32	-34.44
25/ 12/ 3	-22.43	-32.12	2.74	-6.95	-25.17
25/ 12/ 4 (C)	-64.78	-81.22	4.65	-11.79	-69.43
25/ 12/ ПС1+	-53.00	-66.46	4.23	-9.65	-56.81
25/ 12/ ПС1-	-58.89	-73.84	3.81	-10.72	-63.12
25/ 12/ ПС2+	-53.00	-66.46	4.23	-9.65	-56.81
25/ 12/ ПС2-	-58.89	-73.84	3.81	-10.72	-63.12
25/ 6/ 1	2.91	-5.70	6.17	-2.44	-3.26
25/ 6/ 2	-33.56	-36.67	0.88	-2.23	-34.44
25/ 6/ 3	-24.52	-26.82	0.65	-1.65	-25.17
25/ 6/ 4 (C)	-66.64	-70.16	2.53	-1.00	-69.17
25/ 6/ ПС1+	-54.53	-57.41	2.30	-0.82	-56.59
25/ 6/ ПС1-	-60.58	-63.79	2.07	-0.91	-62.88
25/ 6/ ПС2+	-54.53	-57.41	2.30	-0.82	-56.59
25/ 6/ ПС2-	-60.58	-63.79	2.07	-0.91	-62.88
26/ 6/ 1	0.67	0.17	0.14	-0.36	0.53
26/ 6/ 2	11.45	6.26	1.47	-3.72	9.98
26/ 6/ 3	8.37	4.58	1.07	-2.72	7.29
26/ 6/ 4 (C)	22.53	12.10	2.95	-7.48	19.58
26/ 6/ ПС1+	20.48	11.00	2.68	-6.12	17.80
26/ 6/ ПС1-	18.44	9.90	2.42	-6.80	16.02
26/ 6/ ПС2+	20.48	11.00	2.68	-6.12	17.80
26/ 6/ ПС2-	18.44	9.90	2.42	-6.80	16.02
26/ 13/ 1	0.78	0.09	0.50	-0.20	0.29
26/ 13/ 2	15.27	7.89	5.29	-2.09	9.98
26/ 13/ 3	11.16	5.77	3.87	-1.53	7.29
26/ 13/ 4 (C)	29.94	15.13	10.62	-4.19	19.32
26/ 13/ ПС1+	27.22	13.75	9.66	-3.43	17.56
26/ 13/ ПС1-	24.50	12.38	8.69	-3.81	15.81
26/ 13/ ПС2+	27.22	13.75	9.66	-3.43	17.56
26/ 13/ ПС2-	24.50	12.38	8.69	-3.81	15.81
27/ 6/ 1	8.04	-0.66	6.24	-2.46	1.80
27/ 6/ 2	21.04	19.23	0.51	-1.29	20.52
27/ 6/ 3	15.38	14.02	0.38	-0.97	15.00
27/ 6/ 4 (C)	45.42	39.33	4.36	-1.72	41.05
27/ 6/ ПС1+	41.29	35.76	3.97	-1.41	37.32
27/ 6/ ПС1-	37.16	32.18	3.57	-1.57	33.59
27/ 6/ ПС2+	41.29	35.76	3.97	-1.41	37.32
27/ 6/ ПС2-	37.16	32.18	3.57	-1.57	33.59
27/ 14/ 1	7.15	-0.64	5.59	-2.21	1.56
27/ 14/ 2	24.07	11.54	3.54	-8.98	20.52
27/ 14/ 3	17.63	8.32	2.64	-6.68	15.00
27/ 14/ 4 (C)	45.16	29.72	4.37	-11.08	40.79
27/ 14/ ПС1+	41.06	27.02	3.97	-9.06	37.08

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
27/ 14/ ПС1-	36.95	24.31	3.58	-10.07	33.38
27/ 14/ ПС2+	41.06	27.02	3.97	-9.06	37.08
27/ 14/ ПС2-	36.95	24.31	3.58	-10.07	33.38
28/ 14/ 1	4.50	-3.13	5.47	-2.16	-0.97
28/ 14/ 2	-2.95	-17.18	4.03	-10.21	-6.97
28/ 14/ 3	-2.11	-12.67	2.99	-7.57	-5.10
28/ 14/ 4 (С)	-9.01	-27.89	5.34	-13.54	-14.35
28/ 14/ ПС1+	-7.37	-22.82	4.86	-11.08	-11.74
28/ 14/ ПС1-	-8.19	-25.35	4.37	-12.31	-13.04
28/ 14/ ПС2+	-7.37	-22.82	4.86	-11.08	-11.74
28/ 14/ ПС2-	-8.19	-25.35	4.37	-12.31	-13.04
28/ 7/ 1	5.45	-3.17	6.18	-2.44	-0.73
28/ 7/ 2	-6.18	-8.98	0.79	-2.00	-6.97
28/ 7/ 3	-4.51	-6.59	0.59	-1.49	-5.10
28/ 7/ 4 (С)	-11.12	-15.26	2.96	-1.17	-14.09
28/ 7/ ПС1+	-9.10	-12.48	2.69	-0.96	-11.53
28/ 7/ ПС1-	-10.11	-13.87	2.42	-1.06	-12.81
28/ 7/ ПС2+	-9.10	-12.48	2.69	-0.96	-11.53
28/ 7/ ПС2-	-10.11	-13.87	2.42	-1.06	-12.81
29/ 7/ 1	0.53	0.53	0.00	-0.00	0.53
29/ 7/ 2	10.00	10.00	0.00	-0.00	10.00
29/ 7/ 3	7.31	7.31	0.00	-0.00	7.31
29/ 7/ 4 (С)	19.62	19.62	0.00	-0.00	19.62
29/ 7/ ПС1+	17.83	17.83	0.00	-0.00	17.83
29/ 7/ ПС1-	16.05	16.05	0.00	-0.00	16.05
29/ 7/ ПС2+	17.83	17.83	0.00	-0.00	17.83
29/ 7/ ПС2-	16.05	16.05	0.00	-0.00	16.05
29/ 15/ 1	0.29	0.29	0.00	-0.00	0.29
29/ 15/ 2	10.00	10.00	0.00	-0.00	10.00
29/ 15/ 3	7.31	7.31	0.00	-0.00	7.31
29/ 15/ 4 (С)	19.35	19.35	0.00	-0.00	19.35
29/ 15/ ПС1+	17.59	17.59	0.00	-0.00	17.59
29/ 15/ ПС1-	15.83	15.83	0.00	-0.00	15.83
29/ 15/ ПС2+	17.59	17.59	0.00	-0.00	17.59
29/ 15/ ПС2-	15.83	15.83	0.00	-0.00	15.83
30/ 7/ 1	5.45	-3.17	6.18	-2.44	-0.73
30/ 7/ 2	-6.18	-8.98	0.79	-2.00	-6.97
30/ 7/ 3	-4.51	-6.59	0.59	-1.49	-5.10
30/ 7/ 4 (С)	-11.12	-15.26	2.96	-1.17	-14.09
30/ 7/ ПС1+	-9.10	-12.48	2.69	-0.96	-11.53
30/ 7/ ПС1-	-10.11	-13.87	2.42	-1.06	-12.81
30/ 7/ ПС2+	-9.10	-12.48	2.69	-0.96	-11.53
30/ 7/ ПС2-	-10.11	-13.87	2.42	-1.06	-12.81
30/ 16/ 1	4.50	-3.13	5.47	-2.16	-0.97
30/ 16/ 2	-2.95	-17.18	4.03	-10.21	-6.97
30/ 16/ 3	-2.11	-12.67	2.99	-7.57	-5.10

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
30/ 16/ 4 (C)	-9.01	-27.89	5.34	-13.54	-14.35
30/ 16/ ПС1+	-7.37	-22.82	4.86	-11.08	-11.74
30/ 16/ ПС1-	-8.19	-25.35	4.37	-12.31	-13.04
30/ 16/ ПС2+	-7.37	-22.82	4.86	-11.08	-11.74
30/ 16/ ПС2-	-8.19	-25.35	4.37	-12.31	-13.04
31/ 16/ 1	7.15	-0.64	5.59	-2.21	1.56
31/ 16/ 2	24.07	11.54	3.54	-8.98	20.52
31/ 16/ 3	17.63	8.32	2.64	-6.68	15.00
31/ 16/ 4 (C)	45.16	29.72	4.37	-11.08	40.79
31/ 16/ ПС1+	41.06	27.02	3.97	-9.06	37.08
31/ 16/ ПС1-	36.95	24.31	3.58	-10.07	33.38
31/ 16/ ПС2+	41.06	27.02	3.97	-9.06	37.08
31/ 16/ ПС2-	36.95	24.31	3.58	-10.07	33.38
31/ 8/ 1	8.04	-0.66	6.24	-2.46	1.80
31/ 8/ 2	21.04	19.23	0.51	-1.29	20.52
31/ 8/ 3	15.38	14.02	0.38	-0.97	15.00
31/ 8/ 4 (C)	45.42	39.33	4.36	-1.72	41.05
31/ 8/ ПС1+	41.29	35.76	3.97	-1.41	37.32
31/ 8/ ПС1-	37.16	32.18	3.57	-1.57	33.59
31/ 8/ ПС2+	41.29	35.76	3.97	-1.41	37.32
31/ 8/ ПС2-	37.16	32.18	3.57	-1.57	33.59
32/ 8/ 1	2.91	-5.70	6.17	-2.44	-3.26
32/ 8/ 2	-33.56	-36.67	0.88	-2.23	-34.44
32/ 8/ 3	-24.52	-26.82	0.65	-1.65	-25.17
32/ 8/ 4 (C)	-66.64	-70.16	2.53	-1.00	-69.17
32/ 8/ ПС1+	-54.53	-57.41	2.30	-0.82	-56.59
32/ 8/ ПС1-	-60.58	-63.79	2.07	-0.91	-62.88
32/ 8/ ПС2+	-54.53	-57.41	2.30	-0.82	-56.59
32/ 8/ ПС2-	-60.58	-63.79	2.07	-0.91	-62.88
32/ 18/ 1	2.05	-5.69	5.55	-2.19	-3.50
32/ 18/ 2	-30.76	-43.77	3.68	-9.32	-34.44
32/ 18/ 3	-22.43	-32.12	2.74	-6.95	-25.17
32/ 18/ 4 (C)	-64.78	-81.22	4.65	-11.79	-69.43
32/ 18/ ПС1+	-53.00	-66.46	4.23	-9.65	-56.81
32/ 18/ ПС1-	-58.89	-73.84	3.81	-10.72	-63.12
32/ 18/ ПС2+	-53.00	-66.46	4.23	-9.65	-56.81
32/ 18/ ПС2-	-58.89	-73.84	3.81	-10.72	-63.12
33/ 8/ 1	0.89	0.38	0.36	-0.14	0.53
33/ 8/ 2	13.70	8.51	3.72	-1.47	9.98
33/ 8/ 3	10.01	6.22	2.72	-1.07	7.29
33/ 8/ 4 (C)	27.06	16.63	7.48	-2.95	19.58
33/ 8/ ПС1+	24.60	15.12	6.80	-2.42	17.80
33/ 8/ ПС1-	22.14	13.60	6.12	-2.68	16.02
33/ 8/ ПС2+	24.60	15.12	6.80	-2.42	17.80
33/ 8/ ПС2-	22.14	13.60	6.12	-2.68	16.02
33/ 17/ 1	0.48	-0.21	0.20	-0.50	0.29

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
33/ 17/ 2	12.07	4.69	2.09	-5.29	9.98
33/ 17/ 3	8.82	3.43	1.53	-3.87	7.29
33/ 17/ 4 (C)	23.51	8.70	4.19	-10.62	19.32
33/ 17/ ПС1+	21.37	7.91	3.81	-8.69	17.56
33/ 17/ ПС1-	19.24	7.11	3.43	-9.66	15.81
33/ 17/ ПС2+	21.37	7.91	3.81	-8.69	17.56
33/ 17/ ПС2-	19.24	7.11	3.43	-9.66	15.81
34/ 18/ 1	9.85	1.83	5.75	-2.27	4.10
34/ 18/ 2	49.57	41.79	2.20	-5.58	47.37
34/ 18/ 3	36.78	30.89	1.67	-4.22	35.11
34/ 18/ 4 (C)	97.00	90.78	1.76	-4.45	95.24
34/ 18/ ПС1+	88.18	82.53	1.60	-3.64	86.58
34/ 18/ ПС1-	79.36	74.28	1.44	-4.05	77.92
34/ 18/ ПС2+	88.18	82.53	1.60	-3.64	86.58
34/ 18/ ПС2-	79.36	74.28	1.44	-4.05	77.92
34/ 9/ 1	10.96	1.73	6.62	-2.61	4.34
34/ 9/ 2	47.44	47.19	0.07	-0.18	47.37
34/ 9/ 3	35.16	34.98	0.05	-0.13	35.11
34/ 9/ 4 (C)	102.45	92.76	6.95	-2.74	95.50
34/ 9/ ПС1+	93.13	84.33	6.32	-2.24	86.82
34/ 9/ ПС1-	83.82	75.89	5.68	-2.49	78.14
34/ 9/ ПС2+	93.13	84.33	6.32	-2.24	86.82
34/ 9/ ПС2-	83.82	75.89	5.68	-2.49	78.14
35/ 9/ 1	0.92	0.35	0.41	-0.16	0.51
35/ 9/ 2	16.68	6.59	7.23	-2.85	9.45
35/ 9/ 3	12.65	5.14	5.39	-2.13	7.26
35/ 9/ 4 (C)	33.28	13.29	14.33	-5.66	18.95
35/ 9/ ПС1+	30.25	12.08	13.03	-4.63	17.22
35/ 9/ ПС1-	27.23	10.87	11.73	-5.14	15.50
35/ 9/ ПС2+	30.25	12.08	13.03	-4.63	17.22
35/ 9/ ПС2-	27.23	10.87	11.73	-5.14	15.50
35/ 19/ 1	0.66	-0.70	0.38	-0.97	0.27
35/ 19/ 2	13.48	-0.76	4.03	-10.21	9.45
35/ 19/ 3	10.27	-0.34	3.00	-7.61	7.26
35/ 19/ 4 (C)	26.84	-1.99	8.16	-20.67	18.68
35/ 19/ ПС1+	24.40	-1.63	7.42	-16.91	16.98
35/ 19/ ПС1-	21.96	-1.81	6.68	-18.79	15.29
35/ 19/ ПС2+	24.40	-1.63	7.42	-16.91	16.98
35/ 19/ ПС2-	21.96	-1.81	6.68	-18.79	15.29
36/ 9/ 1	-0.13	-8.03	5.67	-2.24	-5.79
36/ 9/ 2	-59.89	-62.17	0.65	-1.64	-60.53
36/ 9/ 3	-44.75	-46.45	0.48	-1.22	-45.23
36/ 9/ 4 (C)	-119.62	-123.93	3.09	-1.22	-122.71
36/ 9/ ПС1+	-97.87	-101.40	2.81	-1.00	-100.40
36/ 9/ ПС1-	-108.75	-112.67	2.53	-1.11	-111.56
36/ 9/ ПС2+	-97.87	-101.40	2.81	-1.00	-100.40

Стержень/Вузол/Навантаження	S max (МПа)	S min (МПа)	S max(My) (МПа)	S min(My) (МПа)	Fx/Ax (МПа)
36/ 9/ ПС2-	-108.75	-112.67	2.53	-1.11	-111.56
36/ 20/ 1	0.44	-8.58	6.47	-2.55	-6.03
36/ 20/ 2	-57.78	-67.50	2.75	-6.96	-60.53
36/ 20/ 3	-43.16	-50.47	2.07	-5.24	-45.23
36/ 20/ 4 (С)	-120.49	-129.29	2.49	-6.31	-122.98
36/ 20/ ПС1+	-98.58	-105.78	2.26	-5.16	-100.62
36/ 20/ ПС1-	-109.53	-117.53	2.04	-5.74	-111.80
36/ 20/ ПС2+	-98.58	-105.78	2.26	-5.16	-100.62
36/ 20/ ПС2-	-109.53	-117.53	2.04	-5.74	-111.80
37/ 20/ 1	16.23	2.89	9.57	-3.78	6.67
37/ 20/ 2	73.70	73.00	0.20	-0.50	73.50
37/ 20/ 3	55.36	54.82	0.15	-0.39	55.21
37/ 20/ 4 (С)	158.46	145.15	9.55	-3.77	148.92
37/ 20/ ПС1+	144.06	131.95	8.68	-3.08	135.38
37/ 20/ ПС1-	129.65	118.76	7.81	-3.43	121.84
37/ 20/ ПС2+	144.06	131.95	8.68	-3.08	135.38
37/ 20/ ПС2-	129.65	118.76	7.81	-3.43	121.84
37/ 2/ 1	7.15	6.30	0.24	-0.61	6.91
37/ 2/ 2	76.26	72.41	2.76	-1.09	73.50
37/ 2/ 3	57.29	54.39	2.08	-0.82	55.21
37/ 2/ 4 (С)	153.83	147.34	4.65	-1.84	149.18
37/ 2/ ПС1+	139.85	133.95	4.23	-1.50	135.62
37/ 2/ ПС1-	125.86	120.55	3.81	-1.67	122.06
37/ 2/ ПС2+	139.85	133.95	4.23	-1.50	135.62
37/ 2/ ПС2-	125.86	120.55	3.81	-1.67	122.06

Додаток Б

Стержні

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
1	3	10	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
2	1	3	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
3	1	5	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
4	5	6	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
5	6	7	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
6	7	8	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
7	8	9	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
8	9	2	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
9	10	11	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
10	11	12	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
11	12	13	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
12	13	14	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
13	14	15	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
14	15	16	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
15	16	17	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
16	17	18	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
17	18	19	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
18	19	20	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
19	20	4	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
20	2	4	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
21	1	10	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
22	10	5	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
23	5	12	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
24	5	11	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
25	12	6	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
26	6	13	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
27	6	14	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
28	14	7	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
29	7	15	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
30	7	16	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
31	16	8	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
32	8	18	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
33	8	17	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
34	18	9	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
35	9	19	LL 14x1-10x8	C245	3.10	0.0	тип 1	Стержень
36	9	20	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
37	20	2	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
38	21	22	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
39	23	21	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
40	23	24	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
41	24	25	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
42	25	26	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
43	26	27	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
44	27	28	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
45	28	2	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
46	22	29	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
47	29	30	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
48	30	31	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
49	31	32	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
50	32	33	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
51	33	34	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
52	34	35	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
53	35	36	LL 14x1-10x8	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
54	36	37	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
55	37	38	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
56	38	4	LL 6x10-0x7	C245	3.00	0.0	тип 2	Стержень
57	23	22	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
58	22	24	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
59	24	30	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
60	24	29	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
61	30	25	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
62	25	31	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
63	25	32	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
64	32	26	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
65	26	33	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
66	26	34	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
67	34	27	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
68	27	36	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
69	27	35	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
70	36	28	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
71	28	37	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
72	28	38	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень
73	38	2	LL 14x1-10x8	C245	4.31	0.0	тип 1	Стержень

Навантаження

Навантаження	Тип навантаження	Специфікація	Значення навантаження
1	власна вага	1до73	PZ Від'ємний коефіцієнт=1.00
2	сила в вузлі	3 10до12	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	13до17	FZ=-38.07(кН)
2	сила в вузлі	4 18до22 29 30 36до38	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	31до35	FZ=-38.07(кН)
3	сила в вузлі	3 4 10до22 29до38	FZ=-27.82(кН)

Комбінації

Поеднання	Найменування	Тип розрахунку	Тип перерізу	Тип навантаження
4 (C)	PCY1	Лінійне поєднання	PC1	пост_1.0

Поеднання	Визначення
4 (C)	(1+2+3)*1.10

Реакції: значення

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
1/ 1	-0.00	17.57	0.00
1/ 2	-0.00	189.60	0.00
1/ 3	-0.00	143.32	-0.00
1/ 4 (C)	-0.00	385.54	0.0
1/ PC1+	-0.00	350.49	0.0
1/ PC1-	-0.00	315.44	0.0
1/ PC2+	-0.00	350.49	0.0
1/ PC2-	-0.00	315.44	0.0
2/ 1	0.00	53.55	0.00
2/ 2	0.00	544.20	0.00
2/ 3	0.00	408.86	0.00
2/ 4 (C)	0.00	1107.27	0.00
2/ PC1+	0.00	1006.61	0.00
2/ PC1-	0.00	905.95	0.00
2/ PC2+	0.00	1006.61	0.00
2/ PC2-	0.00	905.95	0.00
23/ 1	0.00	17.57	-0.00
23/ 2	0.00	189.60	0.00
23/ 3	0.00	143.32	0.00
23/ 4 (C)	0.00	385.54	0.00
23/ PC1+	0.00	350.49	0.00
23/ PC1-	0.00	315.44	0.00

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
23/ ПС2+	0.00	350.49	0.00
23/ ПС2-	0.00	315.44	0.00
Навантаження 1			
	Власна вага		
Сума вел.	-0.00	88.70	-0.00
Сума реакцій	-0.00	88.70	-3193.19
Сума сил	0.00	-88.70	3193.19
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	8.01611e-15	4.89975e-29	
Навантаження 2			
	Постійні		
Сума вел.	0.00	923.40	0.00
Сума реакцій	-0.00	923.40	-33242.40
Сума сил	0.0	-923.40	33242.40
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	4.41212e-15	3.93833e-29	
Навантаження 3			
	Снігові		
Сума вел.	-0.00	695.50	0.00
Сума реакцій	-0.00	695.50	-25038.00
Сума сил	0.0	-695.50	25038.00
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	7.27839e-15	4.48277e-29	
Навантаження 4 (С)			
	PCY1		
Сума вел.	-0.00	1878.36	0.00
Сума реакцій	-0.00	1878.36	-67620.95
Сума сил	0.00	-1878.36	67620.95
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	2.16773e-14	1.46529e-28	
Навантаження ПС1+			
	ПС1+		
Сума вел.	0.00	1707.60	0.00
Сума реакцій	-0.00	1536.84	-55326.23
Сума сил	0.00	-1536.84	55326.23
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	1.77360e-14	1.19888e-28	
Навантаження ПС1-			
	ПС1-		
Сума вел.	-0.00	1536.84	0.00
Сума реакцій	-0.00	1536.84	-55326.23
Сума сил	0.00	-1536.84	55326.23
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	1.77360e-14	1.19888e-28	
Навантаження ПС2+			
	ПС2+		
Сума вел.	0.00	1707.60	0.00
Сума реакцій	-0.00	1536.84	-55326.23

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
Сума сил	0.00	-1536.84	55326.23
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	1.77360e-14	1.19888e-28	
Навантаження ПС2-	ПС2-		
Сума вел.	-0.00	1536.84	0.00
Сума реакцій	-0.00	1536.84	-55326.23
Сума сил	0.00	-1536.84	55326.23
Контр. вел.	-0.00	0.00	-0.00
Точність	1.77360e-14	1.19888e-28	

Додаток В

Вузли

Вузол	X (м)	Z (м)	Код опори	Опора
1	0.0	0.0	xxf	Шарнір
2	36.00	0.0	fxf	Опора_1
3	0.0	3.10		
4	36.00	3.10		
5	6.00	0.0		
6	12.00	0.0		
7	18.00	0.0		
8	24.00	0.0		
9	30.00	0.0		
10	3.00	3.10		
11	6.00	3.10		
12	9.00	3.10		
13	12.00	3.10		
14	15.00	3.10		
15	18.00	3.10		
16	21.00	3.10		
17	24.00	3.10		
18	27.00	3.10		
19	30.00	3.10		
20	33.00	3.10		
21	72.00	3.10		
22	69.00	3.10		
23	72.00	0.0	fxf	Опора_1
24	66.00	0.0		
25	60.00	0.0		
26	54.00	0.0		
27	48.00	0.0		
28	42.00	0.0		
29	66.00	3.10		
30	63.00	3.10		
31	60.00	3.10		
32	57.00	3.10		
33	54.00	3.10		
34	51.00	3.10		
35	48.00	3.10		
36	45.00	3.10		
37	42.00	3.10		
38	39.00	3.10		

Стержні

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
1	3	10	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
2	1	3	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
3	1	5	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
4	5	6	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
5	6	7	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
6	7	8	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
7	8	9	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
8	9	2	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
9	10	11	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
10	11	12	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
11	12	13	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
12	13	14	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
13	14	15	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
14	15	16	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
15	16	17	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
16	17	18	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
17	18	19	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
18	19	20	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
19	20	4	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
20	2	4	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
21	1	10	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
22	10	5	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
23	5	12	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
24	5	11	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
25	12	6	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
26	6	13	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
27	6	14	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
28	14	7	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
29	7	15	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
30	7	16	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
31	16	8	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
32	8	18	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
33	8	17	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
34	18	9	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
35	9	19	LL 14x1-10x7	C345	3.10	0.0	тип 1	Стержень
36	9	20	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
37	20	2	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
38	21	22	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
39	23	21	LL 14x1-10x8	C245	3.10	180.0	тип 1	Стержень
40	23	24	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
41	24	25	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
42	25	26	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
43	26	27	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
44	27	28	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
45	28	2	LL 12x1-50x10	C245	6.00	0.0	тип 2	Стержень
46	22	29	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
47	29	30	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
48	30	31	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
49	31	32	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень

Стержень	Вузол 1	Вузол 2	Переріз	Матеріал	Довжина (м)	Гамма (град.)	Тип	Об'єкт конструкції
50	32	33	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
51	33	34	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
52	34	35	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
53	35	36	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
54	36	37	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
55	37	38	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
56	38	4	LL 14x1-10x7	C345	3.00	0.0	тип 2	Стержень
57	23	22	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
58	22	24	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
59	24	30	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
60	24	29	LL 14x1-10x7	C345	3.10	180.0	тип 1	Стержень
61	30	25	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
62	25	31	LL 14x1-10x7	C345	3.10	180.0	тип 1	Стержень
63	25	32	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
64	32	26	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
65	26	33	LL 14x1-10x7	C345	3.10	180.0	тип 1	Стержень
66	26	34	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
67	34	27	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
68	27	36	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
69	27	35	LL 14x1-10x7	C345	3.10	180.0	тип 1	Стержень
70	36	28	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
71	28	37	LL 14x1-10x7	C345	3.10	180.0	тип 1	Стержень
72	28	38	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень
73	38	2	LL 14x1-10x7	C345	4.31	0.0	тип 1	Стержень

Навантаження

Навантаження	Тип навантаження	Специфікація	Значення навантаження
1	власна вага	1до73	PZ Від'ємний коефіцієнт=1.00
2	сила в вузлі	3 10до12	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	13до17	FZ=-38.07(кН)
2	сила в вузлі	4 18до22 29 30 36до38	FZ=-36.18(кН)
2	сила в вузлі	31до35	FZ=-38.07(кН)
3	сила в вузлі	3 4 10до22 29до38	FZ=-27.82(кН)

Реакції: Значення

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
1/ 1	-0.00	16.02	0.00
1/ 2	-0.00	187.19	0.00
1/ 3	-0.00	141.53	0.00
1/ 4 (C)	-0.00	379.22	0.00
1/ ПС1+	-0.00	344.74	0.00
1/ ПС1-	-0.00	310.27	0.00
1/ ПС2+	-0.00	344.74	0.00
1/ ПС2-	-0.00	310.27	0.00
2/ 1	-0.00	50.80	0.00
2/ 2	-0.00	549.01	0.00
2/ 3	-0.00	412.44	0.00
2/ 4 (C)	-0.00	1113.48	0.00
2/ ПС1+	-0.00	1012.25	0.00
2/ ПС1-	-0.00	911.03	0.00
2/ ПС2+	-0.00	1012.25	0.00
2/ ПС2-	-0.00	911.03	0.00
23/ 1	0.00	16.12	0.00
23/ 2	0.00	187.19	-0.00
23/ 3	0.00	141.53	0.00
23/ 4 (C)	0.00	379.33	-0.00
23/ ПС1+	0.00	344.84	-0.00
23/ ПС1-	0.00	310.36	-0.00
23/ ПС2+	0.00	344.84	-0.00
23/ ПС2-	0.00	310.36	-0.00
Навантаження 1	Власна вага		
Сума вел.	-0.00	82.94	0.00
Сума реакцій	-0.00	82.94	-2989.32
Сума сил	0.00	-82.94	2989.32
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	8.05203e-15	2.77820e-28	
Навантаження 2	Постійні		
Сума вел.	-0.00	923.40	0.00

Вузол/Навантаження	FX (кН)	FZ (кН)	MY (кНм)
Сума реакцій	-0.00	923.40	-33242.40
Сума сил	0.0	-923.40	33242.40
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	7.52760e-15	2.78810e-28	
Навантаження 3	Снігові		
Сума вел.	-0.00	695.50	0.00
Сума реакцій	-0.00	695.50	-25038.00
Сума сил	0.0	-695.50	25038.00
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	8.89121e-15	2.53448e-28	
Навантаження 4 (С)	PCY1		
Сума вел.	-0.00	1872.02	0.00
Сума реакцій	-0.00	1872.02	-67396.69
Сума сил	0.00	-1872.02	67396.69
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	2.69179e-14	8.91085e-28	
Навантаження PC1+	PC1+		
Сума вел.	-0.00	1701.84	0.00
Сума реакцій	-0.00	1531.65	-55142.75
Сума сил	0.00	-1531.65	55142.75
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	2.20238e-14	7.29069e-28	
Навантаження PC1-	PC1-		
Сума вел.	-0.00	1531.65	0.00
Сума реакцій	-0.00	1531.65	-55142.75
Сума сил	0.00	-1531.65	55142.75
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	2.20238e-14	7.29069e-28	
Навантаження PC2+	PC2+		
Сума вел.	-0.00	1701.84	0.00
Сума реакцій	-0.00	1531.65	-55142.75
Сума сил	0.00	-1531.65	55142.75
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	2.20238e-14	7.29069e-28	
Навантаження PC2-	PC2-		
Сума вел.	-0.00	1531.65	0.00
Сума реакцій	-0.00	1531.65	-55142.75
Сума сил	0.00	-1531.65	55142.75
Контр. вел.	-0.00	-0.00	0.00
Точність	2.20238e-14	7.29069e-28	