

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ
ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Пояснювальна записка

До кваліфікаційної роботи бакалавра

На тему: «Виробнича будівля в місті Харкові»

Виконав студент 4 курсу, групи БтаЦІ 2022-7з
спеціальність 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»

Сисоєв Володимир

Керівник

к.т.н., доц. Рюмін Володимир Володимирович

Рецензент

к.т.н., доц. Бутенко Сергій Володимирович

Харків – 2026 р.

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ
ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівельних
конструкцій



к.т.н., доц. Спіранде К.В.

«02» березня 2026 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Сисоєв Володимир

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво

Тема кваліфікаційної роботи: **«Виробнича будівля в місті Харкові»**
затверджена наказом ректора ХНУМГ від «27» лютого 2026 р. № 187-03_

Термін подання завершеної роботи на кафедру «17» червня 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Місто *будівництва – Харків; Розміри будівлі в плані 252х24м, крок колон – 12м, кількість прольотів – 1, кранове обладнання – два крана середнього режиму робот $Q=80/20т$. Рівень відмітки кранової рейки 12,6м, Покрівля- профлист по прогонах.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Характеристика району будівництва, об'ємно-планувальне та конструктивне рішення будівлі, що проектується. Теплотехнічний розрахунок конструкції огороження. Збір навантажень, статичний розрахунок, експертиза поперечних перерізів основних конструкцій (балки, колони), розрахунок окремих вузлів. Вибір монтажного крану, опис процесів монтажу основних конструкцій, підрахунок об'ємів робіт. Розробка основних питань з охорони праці

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина *Фасад 1-8, розріз 1-1, план на відм. 0.000, план покрівлі;*
- розрахунково-конструктивна частина: *Монтажна схема елементів, схеми зв'язків (стадія КМ); Відправна марка ферми (стадія КМД);*
- основи та фундаменти: *план фундаментів, опалубочне креслення фундаменту, схема армування фундаменту;*
- технологічні рішення та організація будівництва: *Технологічні карти, схема проходок крану.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина		Завальний О.В., доцент		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкта	Рюмін В.В., доцент		
	Розрахунок надземної частини об'єкта	Александрович В.А., доцент		
3. Технологічні рішення та організація будівництва		Ватуля Г.Л., професор		
4. Охорона праці		Косенко Н. О., доцент		
Нормоконтроль		Пустовойтова О.М., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

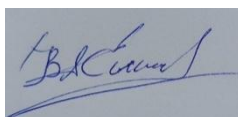
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Архітектурно-будівельна частина	02.06-04.06.2026	виконано
2.	Розрахунково-конструктивна частина	05.06-12.06.2026	виконано
3.	Технологічні рішення та організація будівництва	13.06-16.05.2026	виконано
4.	Охорона праці	15.06-16.06.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____



к.т.н., доц. Рюмін В.В.

Завдання прийняв до виконання



ст.гр. БтаЦІ 2022-7з Сисоєв В.

Зміст

Архітектурно-будівельна частина.....	6
1.1 Об'ємно-планувальне рішення.....	7
1.2. Архітектурно-конструктивні рішення.....	7
1.3 Теплотехнічний розрахунки зовнішньої стіни.....	10
Розрахунок підземної частини об'єкта.....	13
2.1 Визначення повної назви ґрунтів будівельного майданчика.....	15
2.2 Розрахунок пальових фундаментів.....	16
2.3 Розрахунок за II граничним станом.....	19
Розрахунок надземної частини об'єкта.....	21
2.4 Компонування конструктивної схеми будівлі.....	22
2.4. 1. Розташування колон.....	22
2.4.2. Компонування поперечної рами будівлі.....	22
2.5. Вибір схеми в'язів.....	24
2.5.1. В'язі між колонами.....	24
2.5.2. Зв'язки по покриттю.....	25
2.6 Збір навантажень на поперечну раму.....	26
2.6.1 Постійне навантаження.....	26
2.6.2 Тимчасові навантаження.....	27
2.6.3 Навантаження від мостових опорних кранів.....	29
2.7 Визначення жорсткості елементів рами.....	32
2.8 Статичний розрахунок рами.....	33
2.9 Компонування й перевірка перерізу верхньої частини колони.....	45
2.10 Компонування й перевірка перерізу нижньої частини колони.....	52
2.11 Розрахунок траверси.....	57
2.12 Розрахунок вузлів.....	61
2.13 Проектування підкранових конструкцій.....	75
2.13.1 Визначення розрахункових зусиль.....	75
2.13.2 Підбір перерізу підкранових конструкцій.....	79
2.13.3 Перевірка міцності та жорсткості підкранових конструкцій.....	83
2.13.4 Розрахунок поясних швів.....	87
Технологічні рішення та організація будівництва.....	88
3.1 Монтаж конструкцій основного комплекту.....	89
3.1.1 Монтаж колон.....	89
3.1.2 Монтаж підкранових балок.....	90
3.1.3 Монтаж кроквяних ферм.....	90
3.1.4 Монтаж прогонів.....	92
3.1.5 Монтаж профільованого настилу.....	91
3.1.6 Монтаж стінових панелей.....	92
3. 2. Вибір крана для монтажу основного комплекту конструкцій.....	93
3.2.1 Визначення монтажно́ї маси.....	95

3.2.2 Визначення монтажного вильоту стріли.....	96
3.3 Визначення тривалості робіт.....	98
3.4 Техніко-економічні показники.....	99
 Охорона праці.....	 100
4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні.....	101
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проектування.....	104
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування.....	107
4.4. Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування.....	110
 Перелік літератури.....	 113

Архітектурно-будівельна частина

1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення будинку розроблено відповідно до вимог ДБН В.2.2-29:2011 "Виробничі будинки".

Будівля в плані складається із двох паралельних прольотів (1, 2) і одного прольоту перпендикулярного до них (3). Прольоти 1, 2 і 3 запроектовані в сталевому каркасі. Довжина прольотів 1, 2 - по 144 м, а довжина прольоту 3 - 72 м. Ширина прольоту 1 - 36 м, ширина прольотів 2, 3 - 30 м. Рівень головки кранової рейки прольотів 1, 2, 3 - +16,2 м. Максимальна вантажопідйомність мостових кранів прольотів 1, 2, 3 - складає 100 тс. Крок колон крайніх і середніх рядів прольотів 1, 2 - по 12 м, а прольоту 3 – по 6 м. Температурні шви в прольотах 1, 2, 3 відсутні.

Планувальна система виробничого будинку - зальна.

Техніко-економічні показники об'ємно планувального рішення виробничого будинку:

- Площа забудови (P_3) - 11664 м²;
- Корисна площа (P_K) - 11000 м²;
- Робоча площа (P_P) - 10000 м²;
- Конструктивна площа ($P_{кон}$) - 66,0 м²;
- Площа стін (P_c) – 6197,2 м²;
- Об'єм будинку ($ОБ$) - 291600 м³;
- $K_1 = ОБ/P_K = 25,51$ м;
- $K_2 = P_P/P_K = 0,9$ м²;
- $K_3 = P_K/P_3 = 0,005$ м²;
- $K_4 = P_c/P_K = 0,563$ м².

1.2. Архітектурно-конструктивні рішення

Конструктивна система - каркасна. Конструктивна схема будинку - з поперечними плоскими несучими рамами. Будівельна система будинку - повнозбірна. Просторова жорсткість і стійкість будинку забезпечується жорстким закріпленням колон у фундаментах, сталевими зв'язками й дисками покриттів. Міцність будинку забезпечується несучою здатністю онов, фундаментів, колон, кроквяних несучих конструкцій.

Основи

Основою виробничого будинку є природні ґрунти з несучою здатністю $R = 2 \text{ кг / см}^2$ (0,2 Мпа).

Фундаменти виробничого будинку

Фундаменти під рядові й фахверкові металеві колони прийняті окремі. Фундаменти опираються на ґрунт основи через підготовку з бетону класу С 12/12 товщиною 100 мм.

Фундаментні балки виробничого будинку

Фундаментні балки запроектовані збірні залізобетонні фундаментні балки по серії 1.015.1-1.95 довжиною в координаційних осях 6 м і 12 м.

На рівні -0.030 по верхньому поясу фундаментних балок повинна бути виконана горизонтальна гідроізоляція у вигляді двох шарів руберойду на бітумній мастиці. Бічні поверхні фундаментних балок і бетонних стовпчиків, які стосуються ґрунту, повинні бути покриті бітумною мастикою у два шари.

Сталеві колони виробничого будинку

Сталеві колони – колони змінного по висоті перерізу для крайніх рядів по серії 1.424.3-7 випуск 7. Колони опираються на монолітні залізобетонні фундаменти й жорстко закріплені до них анкерними болтами.

Висота колон +20.500. Крок металевих колон – 6 м і 12 м.

Колони фахверкові – колони двотаврового перерізу по серії 1.427.3. Колони опираються на монолітні залізобетонні фундаменти.

Крок фахверкових колон - 6 м.

Вертикальні сталеві зв'язки виробничого будинку

Вертикальні зв'язки між сталевими колонами крайніх рядів і між фермами по серії 1.424.3-7. Зв'язки прийняті хрестові. Зв'язки прикріплені до колон болтами, шайбами, гайками.

Сталеві підкранові балки

Сталеві підкранові балки запроектовані двотаврові по серії 1.426.2-7. Сталеві підкранові балки опираються на консолі сталевих колон і закріплені в них болтами. Гальмівні балки по серії 1.426.2-7. Довжина підкранових балок крайніх і середніх рядів в осях – 6 м і 12 м. На підкранові балки встановлені підкранові рейки по ДСТУ 2484-94.

Кроквяні сталеві ферми виробничого будинку

Кроквяні сталеві ферми прийнято по серії 1.460.2-10/88 з ухилом верхніх поясів: $i = 1:8$ прольотом 30 і 36 м з парних куточків. Ферми закріплені в оголовок сталевих колон болтами. Крок ферм – 12 і 6 м.

Покриття виробничого будинку

Покриття для виробничого будинку прийняте у вигляді профільованого настилу по прогонах з утеплювачем із твердих мінераловатних плит.

Покрівля виробничого будинку

Покрівля рулонна, із трьох шарів руберойду. Ухил покрівлі: $i = 1:8$, відносно ухилам сталевих кроквяних ферм. Покрівля запроектована відповідно до вимог ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд». Водовідвід з покрівлі - внутрішній організований. Покрівля запроектовано по серії 2.460-18.

Стіни виробничого будинку

Стіни запроектовані із панелей з легкого бетону висотою 1500, 1800 мм довжиною 3000, 6000 і 12000 мм товщиною 300 мм по серії 1.030-1 / 88. Стінові панелі з анкерами приварені своїми закладними деталями до закладних деталей колон. З'єднання панелей і колон по серії 2.432-1 і серії 2.432-3.

Вікна виробничого будинку

Вікна запроектовані віконними блоками з рамами із гнutoї сталі по серії 1.436.3-21. Віконні рами приварені до закладних деталей стінових панелей, які утворюють віконні прорізи. Вікна засклені шибкою. Скління подвійне глухе. Комбінація вікон зі стінами по серії 2.436-20.

Ворота виробничого будинку

Ворота запроектовані розсувні з механічним відкриванням з тепловою завісою розміром 3,6×4,8 і 3,6×4,0 по серії 1.435.9-26.

Підлоги виробничого будинку

Підлоги виробничого будинку запроектовані бетонні, товщиною 50 мм по бетонній підготовці 100 мм на ущільненому щебенями ґрунті з температурними швами.

Сталеві сходи виробничого будинку

Сталеві сходи виробничого будинку запроектовано по серії 1. 400.3-7.94. Це: сталеві сходи підйому на мостові крани; похилі пожежні сходи з огородженням маршів і майданчиків.

Пожежні сходи запроектовані через 150 м по периметру будинку. Початок пожежних сходів на висоті 2,5 м від вимощення.

Вимощення виробничого будинку

Вимощення запроектоване по периметру будинку зі стрічки асфальтобетону на підготовці із щебенів шириною 1,5 м з ухилом від стіни: $i = 3\%$.

Внутрішня обробка виробничого будинку

Поверхні металевих колон, балок, зв'язків, підкранових балок, вікон, сходів, воріт пофарбовані вогнезахисними фарбами марки екзотерм у два шари. Внутрішня поверхня стін побілена клейовою побілкою.

Зовнішній шар стінових панелей - з декоративного бетону. Вікна й ворота пофарбовані олійною фарбою у два шари.

1.3 Теплотехнічний розрахунки зовнішньої стіни

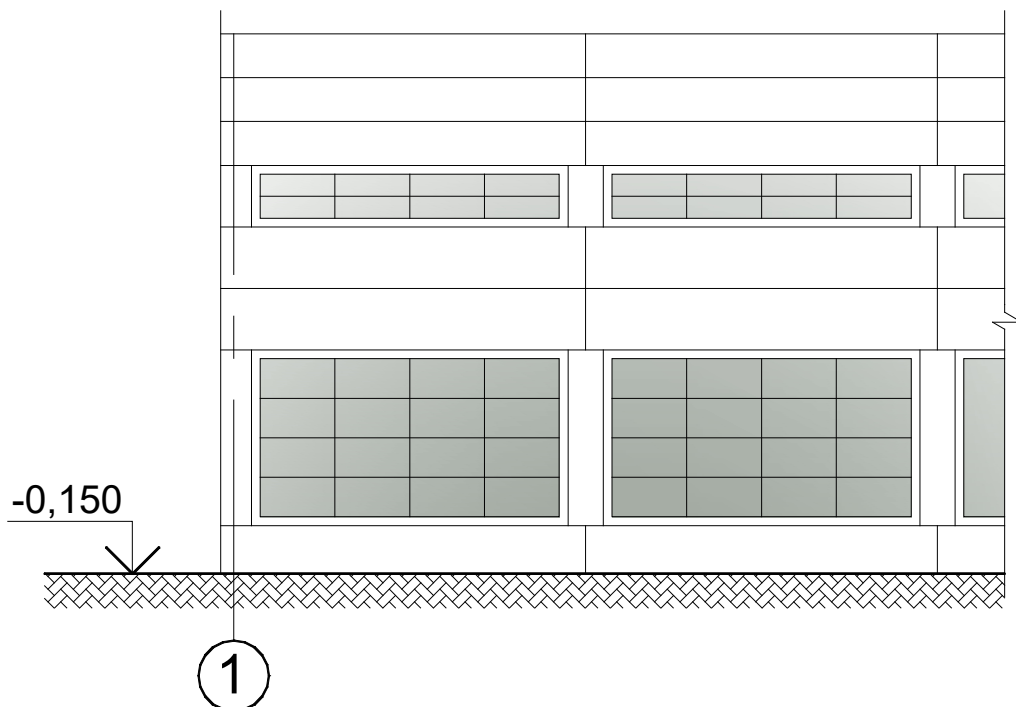


Рисунок 1.1. Компоновка фасада.

Як огорожувальні конструкції обираємо типові плити довжиною 12 м уздовж довгої частини фасаду та довжиною 6 м уздовж короткої частини фасаду.

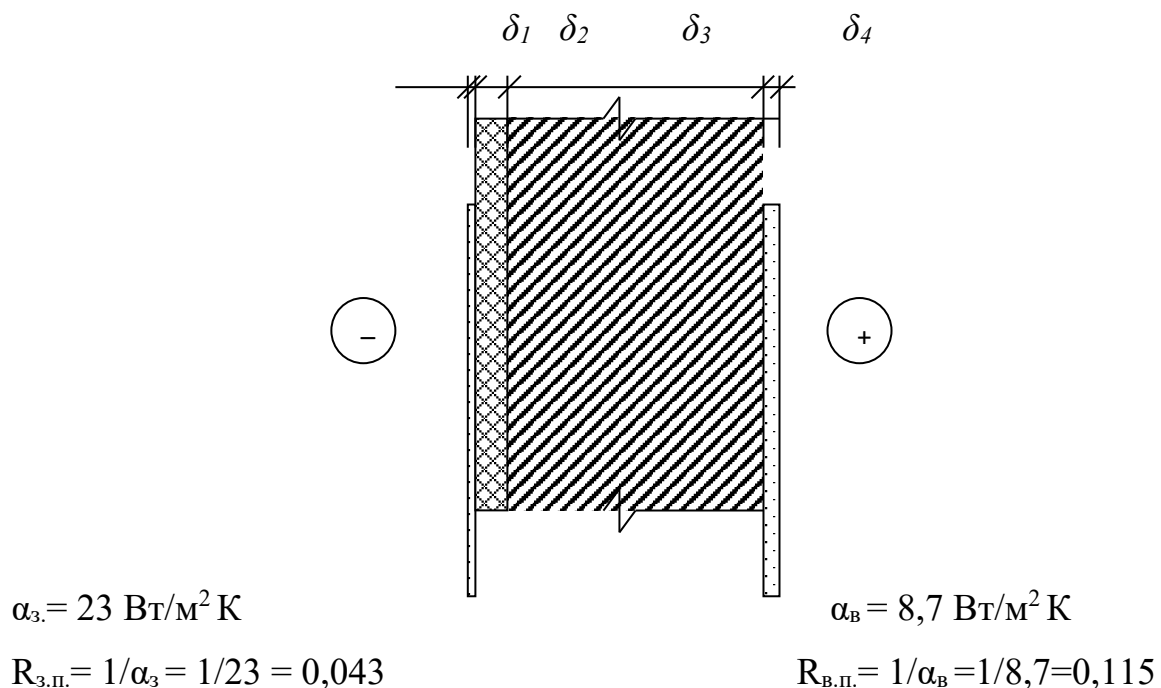
Плити поздовжньої частини фасаду кріпляться до колон. Плити поперечної частини фасаду кріпляться до фахверкових колон двотаврового профілю.

- температурна зона району будівництва: 1
- місце будівництва: м. Харків
- призначення будинку: виробниче
- розрахункова температура внутрішньої поверхні: $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- зона вологості району будівництва (ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель)
- вид будівництва: нове будівництво
- нормативний опір теплопередачі конструкції зовнішньої стіни:
- $R_{q,\min} = 2,2\text{ м}^2\text{ К/Вт}$.

Необхідне виконання умови:

$$R_{\Sigma\text{пр}} \geq R_{q\min}$$

Розрахункова схема зовнішньої стіни:



Теплотехнічні характеристики матеріалів вибираємо із ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» і зводимо в таблицю.

Таблиця 1 – Теплотехнічний розрахунки зовнішньої стіни

№	Назва матеріалу	Товщина шару δ , м	Густина γ , кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м ² К)	$R_i = \delta_i / \lambda_i$ м ² К/Вт
1	Штукатурка по сітці	0,01	200	0,08	0,13
2	Утеплювач	0,10	35	0,05	2,0
3	Залізобетонна стіна	0,3	2500	1,92	0,156
4	Вапняно-піщаний розчин	0,02	1800	0,93	0,022
5	Гіпсова фінішна штукатурка	0,006	400	0,15	0,04

$$\sum R_i = 2,348 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Фактичний термічний опір:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = R_{\text{в.п.}} + \sum R_i + R_{\text{з.п.}} = 0,115 + 2,348 + 0,043 = 2,506 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} > 2,2 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

Висновок: прийнята конструкція стіни відповідає вимогам ДБН В 2.6-31:2001.

Розрахунково-конструктивна частина
Розрахунок підземної частини об'єкта

Навантаження на колону

Назва осі	Переріз колони $a_k \times b_k$, мм	Комбінація навантажень		
		N, кН	M, кНм	Q, кН
15	1250x500	1200	2070	160

Геологічна будова та гідрогеологічні умови:

№ шару	Ґрунт	Номер свердловини та потужність шару, м		
		1	2	3
1	Ґрунт	0,4	0,5	0,4
2	Глина	2,0	1,9	1,8
3	Пісок пилоподібний	1,3	1,2	1,0
4	Пісок крупний	10,3	10,2	10,5
	Глибина залягання підземних вод, м	3,0	2,8	2,9
	Відмітка гирла свердловин, м	204,0	204,5	205,25

Характеристики властивостей ґрунтів

Наименование	Умовні позначення	Одиниці вимірювання	Номер шару			
			1	2	3	4
Щільність	ρ	т/м ³	1,6	1,9	1,95	2,04
Щільність частинок	ρ_s	т/м ³		2,74	2,67	2,67
Природна вологість	W			0,28	0,28	0,23
Вологість на межі плинності	W_L			0,42		
Вологість на межі пластичності	W_P			0,20		
Кут внутрішнього тертя	φ	град		18	30	48
Питоме зчеплення	C	кПа		28	3	1
Модуль деформації	E	МПа		13	10	40

2.1 Визначення повної назви ґрунтів будівельного майданчика

Шар 2 – глина

За показником пластичності

$$I_p = W_L - W_p = 0.42 - 0.2 = 0.22$$

За показником консистенції

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{0.28 - 0.2}{0.42 - 0.2} = \frac{0.08}{0.22} = 0.364 - \text{тверда}$$

Висновок: глина тверда

Шар 3 Пилкоподібний пісок

За показником щільності

$$e = \frac{\rho_s \times (1 + W)}{\rho} - 1 = \frac{2.67 \times (1 + 0.28)}{1.95} - 1 = 0.753$$

$0.6 \leq e \leq 0.8$ - середньої щільності

За показником вологості:

$$S_r = \frac{W \times \rho_s}{e \times \rho_w} = \frac{0.28 \times 2.67}{0.753} = 0.993$$

$0.8 < S_r \leq 1$ - насичений водою

Висновок: пилкоподібний пісок середньої щільності, насичений водою.

Шар 4 – крупний пісок

За показником щільності

$$e = \frac{\rho_s \times (1 + W)}{\rho} - 1 = \frac{2.67 \times (1 + 0.23)}{2.04} - 1 = 0.61$$

$0.55 \leq e \leq 0.7$ - середньої щільності

За показником вологості:

$$S_r = \frac{W \times \rho_s}{e \times \rho_w} = \frac{0.23 \times 2.67}{0.61} = 1$$

$0.8 < S_r \leq 1$ - насичений водою

Висновок: Пісок крупний, середньої щільності, насичений водою.

Обираємо шар №4 — пилкоподібний пісок як основу під залізобетонні палі

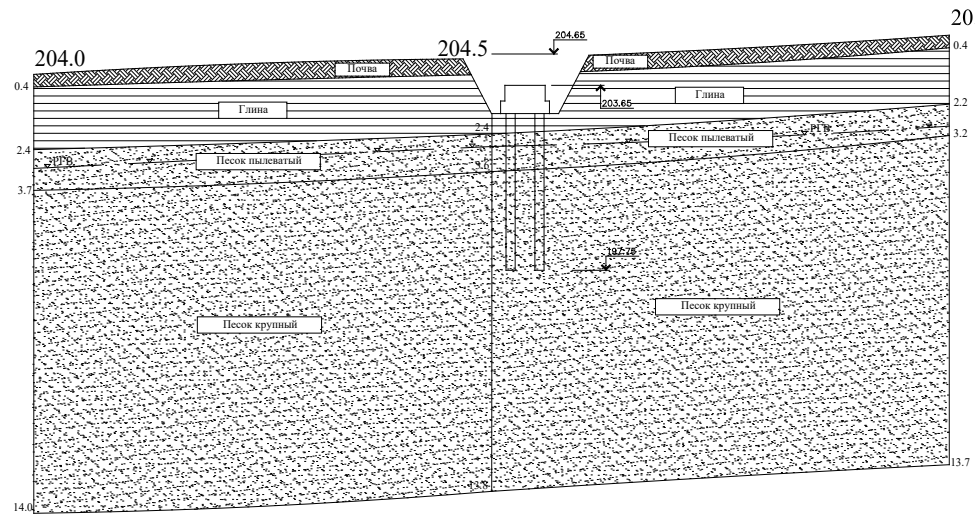


Рисунок 2.1 – Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика

2.2 Розрахунок пальових фундаментів

Визначення несучої здатності підвісної палі за опором ґрунту. Відповідно до ДБН В.2.1-10-2009 несуча здатність одинарної підвісної палі визначається за формулою:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum \gamma_{cf} f_{ij} h_{ij}) \quad 3.1$$

де:

γ_c — коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті

R — розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа

A — площа опори палі на ґрунт, м²

u — периметр поперечного перерізу палі, м

f_i — розрахунковий опір i того шару ґрунту основи по бічній поверхні палі, кПа

h_i — товщина i того шару ґрунту, що стикається з бічною поверхнею палі, м

γ_{cR} γ_{cf} — коефіцієнти умов роботи ґрунту відповідно під нижнім кінцем і на бічній поверхні палі

Розрахунок сили тертя по бічній поверхні палі проводимо у табличній формі:

Розрахунок сили тертя по бічній поверхні палі

i	z_i , М	h_i М	f_i кПа	γ_{cf}	u ,М	$f_i \times \gamma_{cf} \times u$
1	2,075	0,65	42,5	1	1,2	33
2	3,0	1,2	48	1		69
3	4,6	2	54	1		130
4	6,2	1,15	58,5	1		81
						$\Sigma = 313$

Розрахунковий опір ґрунту при заглибленні палі на позначку – 6,750 м становить $R(6.75) = 7255$ кПа тоді:

$$F_d = 1 \times (1 \times 7255 \times 0.3^2 + 313) = 966 \text{ кН}$$

Розрахунковий опір палі щодо ґрунту обчислюємо за формулою:

$$N_{пали} = \frac{F_d}{1.4} = \frac{966}{1.4} = 690 \text{ кН}$$

Розміри ростверку приймаємо конструктивно

Вага ростверку та ґрунту на ступенях

$$G = (5,4 \cdot 3,3) = 2,25 \cdot 20 = 802 \text{ кН}$$

З урахуванням $\gamma_f = 1,1$ коефіцієнта надійності за навантаженням

$$N_{p.z.} = G \cdot 1,1 = 802 \cdot 1,1 = 882 \text{ кН}$$

Визначаємо кількість паль. З урахуванням можливості перевантаження збільшуємо цю кількість на 20 %.

$$n_{паль} = 1,2 \cdot (N + N_{p.z.}) / P = 1,2 \cdot (1200 + 882) / 500 = 5шт$$

Приймаємо 8 паль і розміщуємо з відстанню між центрами паль $1,5d < d < 6d$

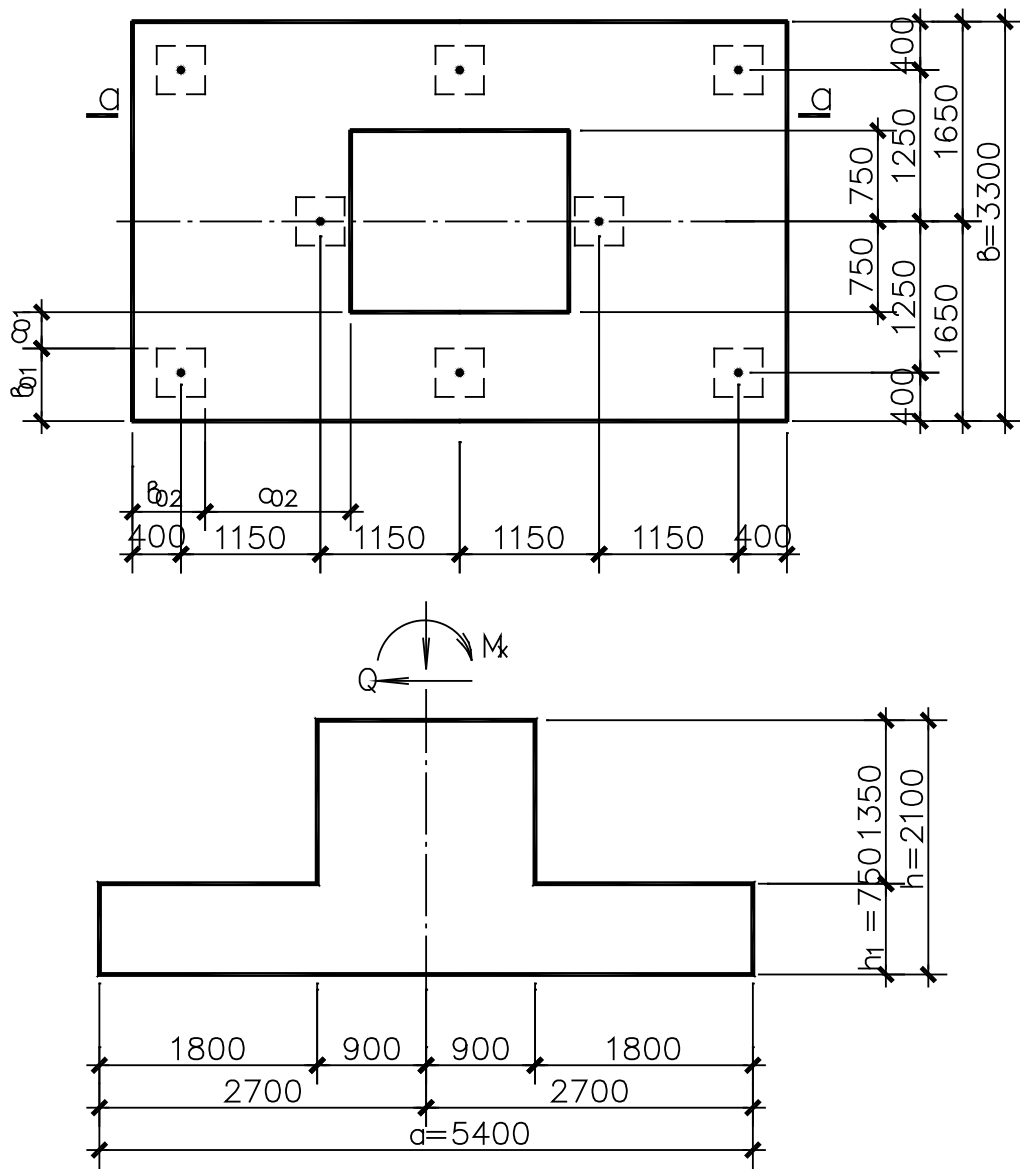


Рисунок 2.2 – Схема пальового фундаменту

Оскільки на пальовий фундамент діє не лише поздовжня сила, а й згинальний момент, перевіряємо величину навантаження, що припадає на крайню палю, з урахуванням дії згинального моменту:

$$P \geq N_{sv} = \frac{N + G \cdot \gamma_f}{n} \pm \frac{M^I \cdot y}{\sum y_i^2},$$

де $M^I = M + Q \cdot h = 2070,0 + 160 \cdot 2,25 = 2430$ кН м – момент на рівні основи палі.

y- відстань від головних осей пальового фундаменту до осі кожної палі, м

$$N_{sv} = \frac{(1200+882)}{8} + \frac{2430 \cdot 2,3}{2 \cdot 1,15^2 + 4 \cdot 2,3^2} = 284 + 184 = 491 \text{ кН}$$

$$N_{\max} \leq \frac{1,2F_d}{\gamma_k}$$

$$690 \cdot 1,2 = 828 \text{ кН}$$

$$491 \text{ кН} < 828 \text{ кН} \text{ Умова виконана}$$

2.3 Розрахунок за II граничним станом

$$\phi_{cp} = \frac{\sum \phi_i h_i}{\sum h_i} = \frac{18 \times 1,9 + 30 \times 1,2 + 48 \times 10,2}{1,9 + 1,2 + 10,2} = 42^\circ$$

$$\frac{\phi_{cp}}{4} = 10,5^\circ$$

$$\sigma_{\phi 1} = 2,96 \times 2,06 \times 5,9 \times 20 = 720 \text{ кН}$$

$$\sigma_{\phi 2} = 3,48 \times 2,06 \times 5,9 \times 20 = 846 \text{ кН}$$

$$P_{01} = \frac{850 + 720}{2,96 \times 2,06} = 258 \text{ кН}$$

$$P_{02} = \frac{1700 + 846}{3,48 \times 2,06} = 355,2 \text{ кН}$$

Будуємо епюру на основі власної ваги ґрунту

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \times h_1 = 16 \times 0,8 = 8 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg2} = \gamma_1 \times h_1 + \gamma_2 \times h_2' = 8 + 36,1 = 44,1 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg3} = \gamma_1 \times h_1 + \gamma_2 \times h_2' + \gamma_3 \times h_3' = 44,1 + 7,8 = 51,9 \text{ кПа}$$

$$\gamma_{sat1} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,7 - 10}{1 + 0,753} = 9,53$$

$$\sigma_{zg4} = \gamma_1 \times h_1 + \gamma_2 \times h_2' + \gamma_3 \times h_3' + \gamma_{sat1} \times h_1 = 51,9 + 7,6 = 59,5 \text{ кПа}$$

$$\gamma_{sat2} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{26,7 - 10}{1 + 0,61} = 10,4$$

$$\sigma_{zg5} = \gamma_1 \times h_1 + \gamma_2 \times h_2' + \gamma_3 \times h_3' + \gamma_{sat1} \times h_1 + \gamma_{sat2} \times h_2 = 59,5 + 106,1 = 165,6 \text{ кПа}$$

Розбиваємо товщину ґрунту, починаючи від рівня основи пальового фундаменту, на шари товщиною $h = 0,4b < 2m$

$$h = 0,4 \times 2,96 \approx 1,2m < 2m$$

Визначаємо коефіцієнт загасання залежно від глибини z.

Визначаємо коефіцієнт затування α в залежності від глибини z .

Результаті розрахунку наводимо в табличній формі

№ шару	Z,м	$\xi = \frac{2 \times z}{b}$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \times P_D$ кПа	$\sigma_{zp} = \frac{\sigma_{zpi} + \sigma_{zpi+1}}{2}$ кПа	$S_i = \beta \frac{\sigma_{zpi} \times h_i}{E}$ м
1	0	0	1	258	238,7	0,0057
2	1.2	0,81	0,85	219,3		
3	2.4	1,62	0,563	145,25	115,2	0,0028
4	3.6	2.43	0,33	85,1		
5	4,8	3,24	0,215	55,5	46,9	0,0011
6	6	4,05	0,148	38,2		
7	7,2	4,86	0,108	27,9	33,05	0,0008

$$S = 0.0057 + 0.0044 + 0.0028 + 0.0017 + 0.0011 + 0.0008 = 0.0165\text{м}$$

$$H_c = 6.605\text{м}$$

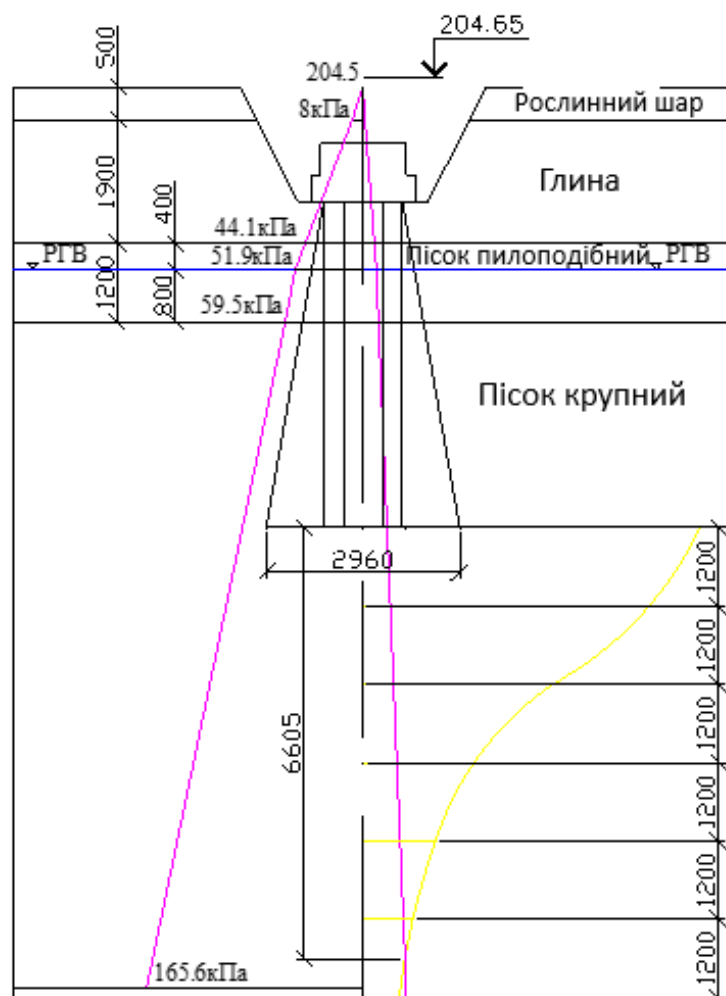


Рисунок 2.3 – Схема до розрахунку фундаменту за 2 граничним станом

Розрахунково-конструктивна частина
Розрахунок надземної частини об'єкта

2.4 Компонування конструктивної схеми будівлі

2.4.1. Розташування колон

Відповідно до вимог уніфікації, крок колон однопрогонових будівель приймають рівним 6 або 12 м. Це визначається порівнянням параметрів. Досвід показує, що для будівель з прольотом 30 і більше м. та висотою 14 і більше м., з кранами вантажопідйомністю понад 50-75 т. економічнішим виявляється крок 12 м. Приймаємо крок колон рівним 12 м. Колони біля торців будівлі зміщуємо з модульної сітки всередину на 500 мм для зручності оформлення кутів стандартними огорожувальними елементами (рис.2.4). Для будівлі даної довжини (96 м) і категорії (опалювальна) температурний шов не потрібен.

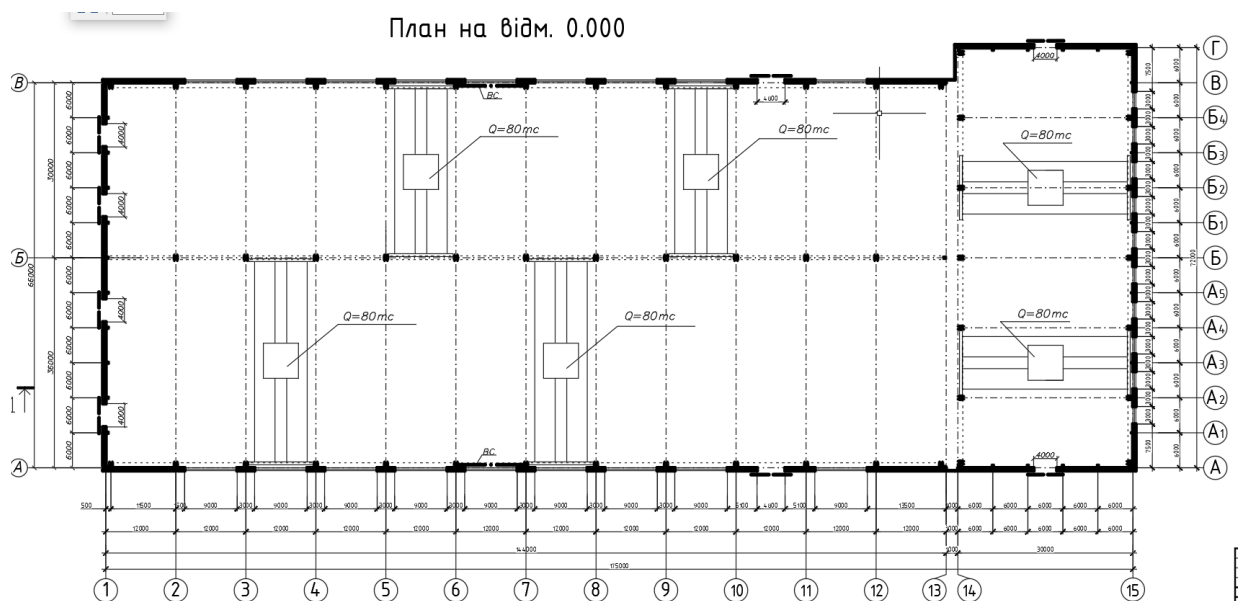


Рисунок 2.4.- Розбивка сітки колон

2.4.2. Компонування поперечної рами будівлі

Компонування поперечної рами починають із визначення основних (габаритних) розмірів елементів конструкцій у площині рами. Розміри по вертикалі прив'язують до позначки рівня підлоги, приймаючи її за нульову. Розміри по горизонталі прив'язують до поздовжніх осей будівлі. Усі розміри приймають відповідно до основних положень щодо уніфікації. Спочатку доцільно встановити вертикальні розміри. Вертикальні габарити будівлі залежать від технологічних умов виробництва. Вони визначаються відстанню від рівня підлоги до головки кранової рейки (рис.2.5)

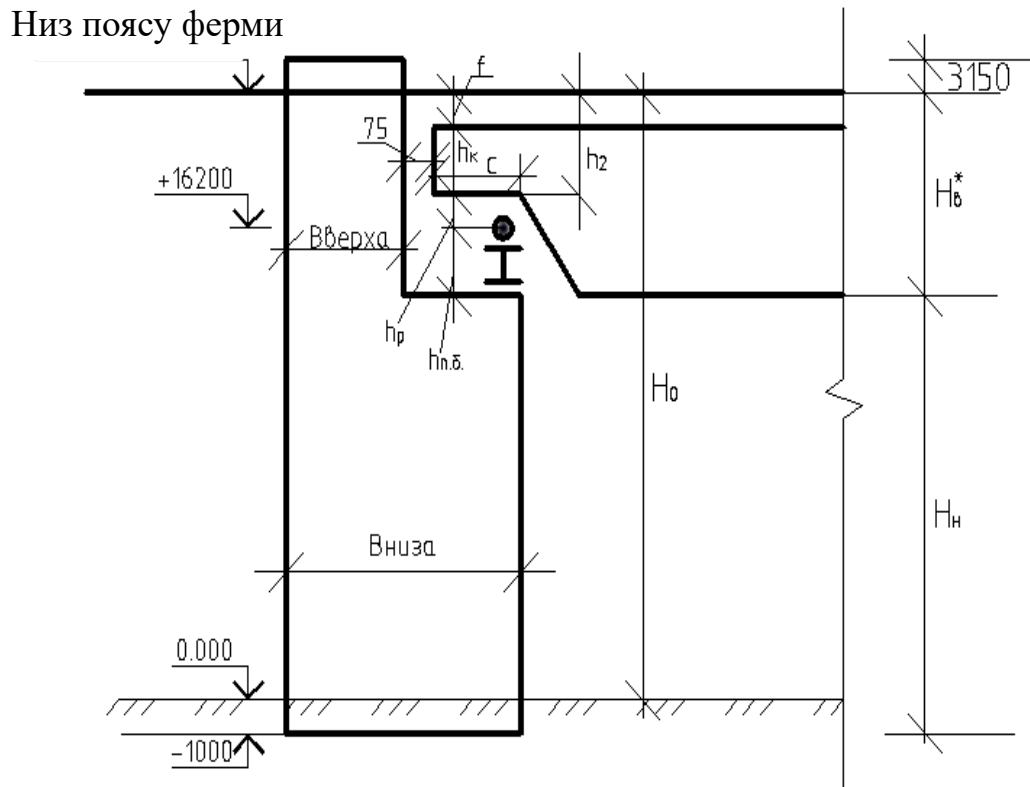


Рисунок 2.5 - Схема до визначення вертикальних розмірів

$$h_2 = h_k + (100 \dots 75) + 0,02 \cdot l \text{ (проліт п.б.)}$$

h_k – висота крана на опорі (визначаємо виходячи з $Q=80$ т. $\Rightarrow h_k = 4000$ мм.);

$$h_2 = 4000 + 100 + 200 = 4300 \text{ мм};$$

$$H_b^* = h_2 + h_p + h_{п.б.};$$

$$h_p = (100 \dots 120 \text{ мм.}); h_{п.б.} = 1000 \text{ мм};$$

$$H_b^* = 4300 + 100 + 1000 = 5400 \text{ мм};$$

$$H_b = H_b^* + 3150 = 5400 + 3150 = 8550 \text{ мм};$$

$$H_n = H_{у.г.р} - h_p - h_{п.б.} + 1000 = 16200 - 100 - 1000 + 1000 = 16100 \text{ мм};$$

$$H_0 = H_n + H_b^* - 1000 = 16100 + 5400 - 1000 = 20500 \text{ мм.}$$

Горизонтальні розміри:

$$B_{\text{верха}} = 1/15 \cdot H_b = 1/15 \cdot 8550 = 570 \text{ мм. (Приймаємо } B_{\text{верха}} = 750 \text{ мм.)};$$

$$B_{\text{низа}} = 1/20 \cdot H_n = 1/20 \cdot 16100 = 805 \text{ мм. (Приймаємо } B_{\text{низа}} = 1000 \text{ мм.)}.$$

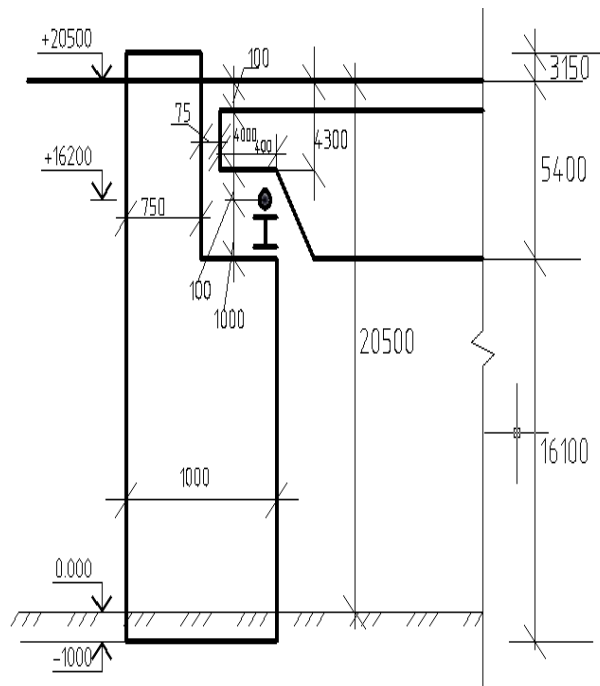


Рисунок 2.6– Вертикальне компонування каркаса з розмірами

2.5. Вибір схеми в'язів

2.5.1. В'язі між колонами

Вертикальні в'язі між колонами каркаса в поздовжньому напрямку забезпечують жорсткість і стабільність каркаса будівлі в поздовжньому напрямку під дією поздовжніх навантажень; вітрових навантажень на торцеві стіни будівлі та гальмівних сил від мостових кранів. Також ці в'язі служать для забезпечення стійкості колон (рис. 2.7).

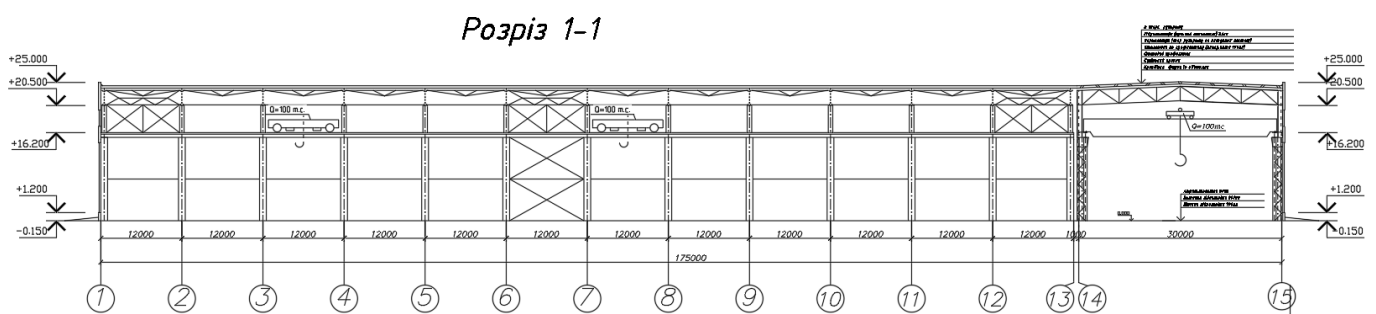


Рисунок 2.7 – В'язі між колонами

Зв'язки нижнього ярусу слід розташовувати ближче до середини будівлі або температурного блоку, щоб забезпечити свободу температурних деформацій поздовжніх елементів та уникнути додаткових температурних напружень, які можуть бути досить значними й призводити до пошкодження конструкцій.

Верхні вертикальні зв'язки встановлюють у тих самих осях, що й нижні. Іноді для підвищення жорсткості каркаса верхні зв'язки 2 встановлюють у торцях будівлі або температурного блоку, оскільки невелика жорсткість надкранової частини колон незначно впливає на температурні напруження. У межах висоти кроквяних ферм у зв'язковому блоці та по торцях будівлі встановлюють зв'язки 3, які йдуть на монтаж у вигляді готової зв'язкової ферми. В інших місцях колони з'єднуються розпівками.

2.5.2. Зв'язки по покриттю

Зв'язки між фермами, створюючи загальну просторову жорсткість каркаса, забезпечують:

- стійкість стиснутих елементів ригеля поза площиною ферм;
- перерозподіл місцевих навантажень (наприклад, кранових), прикладених до однієї з рам, на сусідні рами;
- зручність монтажу;
- задану геометрію каркаса;
- сприйняття та передачу на колони деяких навантажень.

Система зв'язків покриття складається з горизонтальних і вертикальних зв'язків.



Рисунок 2.8 – Схема зв'язків по верхніх поясах ферм

Схема зв'язків по нижніх поясах ферм

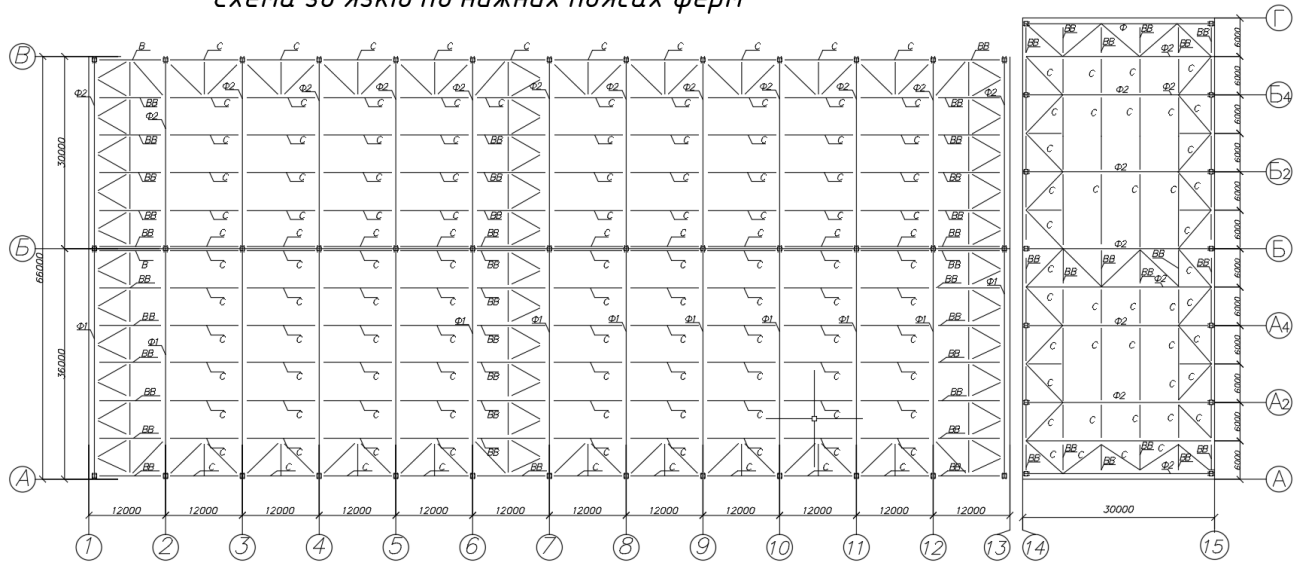


Рисунок 2.9 – Схема зв'язків по нижніх поясах ферм

2.6 Збір навантажень на поперечну раму

2.6.1 Постійне навантаження



Рисунок 2.10– Постійне навантаження на покриття

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на 1 м² покриття

Найменування	Характеристич. значення, кН/м ²	γ_{fe}	Експ. значення, кН/м ²	γ_{fm}	Розрахункове значення, кН/м ²
Гравійний захист 20 мм.	0,4	1	0,4	1,2	0,48
Гідроізоляційний килим із трьох шарів руберойду	0,2	1	0,2	1,2	0,24
Пароізоляція з одного шару рубейду	0,5	1	0,5	1,2	0,6
Утеплювач	0,05	1	0,05	1,2	0,06
Профільований настил – 1 мм	0,15	1	0,15	1,05	0,1575
Прогони суцільні прольотом 12 м	0,15	1	0,15	1,05	0,1575
Кроквяна ферма – 3150 мм	0,4	1	0,4	1,05	0,42
Зв'язки покриття	0,05	1	0,05	1,05	0,0525
$\Sigma g_m = 2,1675 \text{ кН/м}^2$					

Тоді розрахункове погонне навантаження буде рівне:

$$q_m = \frac{G}{L} = \frac{g_m \cdot B \cdot L}{L} = g_m \cdot B = 2,1675 \cdot 12 = 26 \text{ кН/м.}$$

Але тому що покриття промислового будинку має ухил 1,5%, те:

$$q_m = g_m / \cos \alpha \cdot B = 2,1675 / \cos 0,015 \cdot 12 = 26,3 \text{ кН/м.}$$

2.6.2 Тимчасові навантаження

• Снігове навантаження

Будівництво промислового будинку ведеться в місті Харків. Сніговий район для м. Харкова – 5 (згідно ДБН В.1.2-2:2006). Відповідно характеристичне значення маси снігового покриву - $S_0 = 1,6 \text{ кН/м}^2$. Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття обчислюється по формулі:

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

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаження (по п.8.11 ДБН В.1.2-2:2006 $\gamma_{fm} = 1,14$, якщо період експлуатації будинку рівний 100 років);

$$C = \mu * P_e * C_{alt} = 1;$$

$\mu = 1$ по прил. Ж; $P_e = 1$ по п.8.9; $C_{alt} = 1$ по п.8.10 ДБН В.1.2-2:2006.

$$S_m = 1,14 * 1,6 = 1,824 \text{ кН/м}^2.$$

Разом на 1 погонний метр покриття $S_m^* = S_m * B = 1,824 * 12 = 22 \text{ кН/м}$.

- Вітрове навантаження**

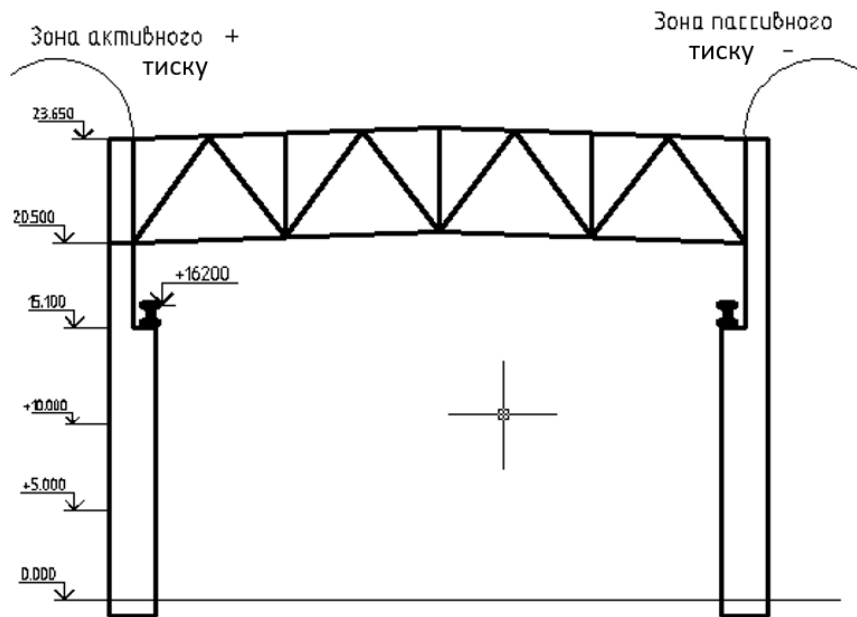


Рисунок 2.11 – Вітрове навантаження

Будівництво промислового будинку ведеться в місті Харків. Вітровий район для м. Харкова – 2 (згідно ДБН В.1.2-2:2006). Відповідно характеристичне значення вітрового тиску $W_0 = 0,45 \text{ кН/м}^2$. Граничне розрахункове значення вітрового навантаження обчислюється по формулі:

$$W_m = \gamma_{fm} * W_0 * C * B;$$

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням вітрового навантаження (по п.9.14 ДБН В.1.2-2:2006 $\gamma_{fm} = 1,14$, період експлуатації будинку рівний 100 років);

$$C = C_{aer} * C_h * C_{alt} * C_{dir} * C_d;$$

$C_{alt}, C_{dir}, C_d = 1$ (по п.9.7 ДБН В.1.2-2:2006); $C_{aer} \Rightarrow$ дод. I (для активного тиску = 0,8, для пасивного = 0,6); C_h – коефіцієнт зміни вітрового напору по висоті будинку.

По активній стороні будинку:

відм. +5м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,8 * 0,7 * 12 = 3,44$ кН/м;
 відм. +10м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,8 * 0,9 * 12 = 4,43$ кН/м;
 відм. +15,1м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,8 * 1,02 * 12 = 5,02$ кН/м;
 відм. +20,5м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,8 * 1,15 * 12 = 5,7$ кН/м;
 відм. +23,65м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,8 * 1,5 * 12 = 7,4$ кН/м.

По пасивній стороні будинку:

відм. +5м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,6 * 0,7 * 12 = 2,6$ кН/м;
 відм. +10м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,6 * 0,9 * 12 = 3,32$ кН/м;
 відм. +15,1м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,6 * 1,02 * 12 = 3,76$ кН/м;
 відм. +20,5м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,6 * 1,15 * 12 = 4,25$ кН/м;
 відм. +23,65м: $W_m = 1,14 * 0,45 * 0,6 * 1,5 * 12 = 5,54$ кН/м.

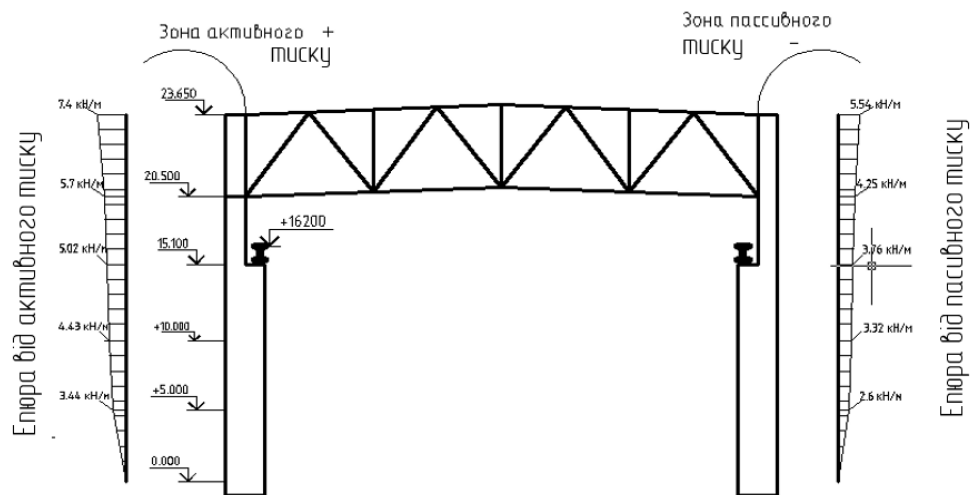


Рисунок 2.12– Епюри від активного й пасивного тиску вітру

Вітровий тиск у межах висоти кроквяної ферми приведемо до вузлового навантаження:

З боку активного тиску $= (7,4 + 5,7) / 2 * 3,14 = 20,6$ Кн;

З боку пасивного тиску $= (5,54 + 4,25) / 2 * 3,14 = 15,4$ Кн.

2.6.3 Навантаження від мостових опорних кранів

Розглянуте виробництво обслуговується двома мостовими кранами.

Систему рухливих вантажів установлюємо таким чином, щоб під F_i ордината лінії впливу була максимальним:

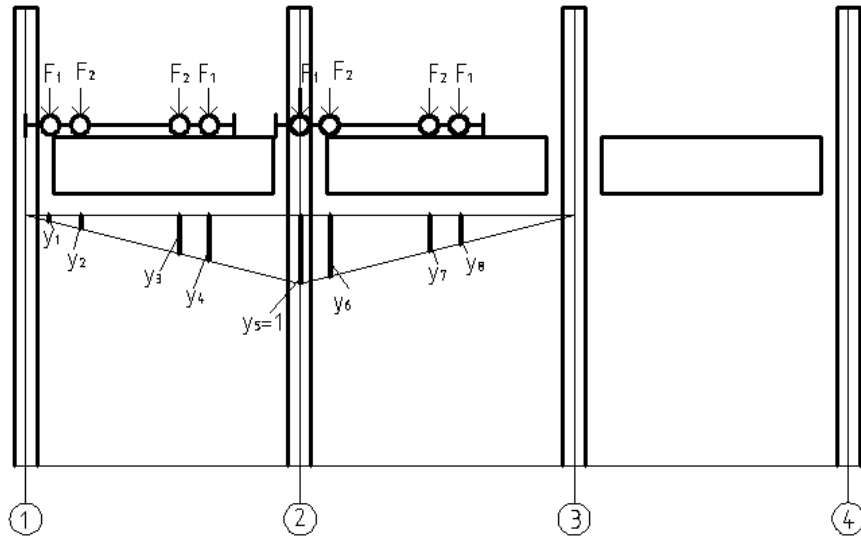


Рисунок 2.13– Установка системи рухливих вантажів

Граничне розрахункове значення для вертикального навантаження:

$$F_m = \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot F_0;$$

$\gamma_{fm} = 1,1$ (період повторюваності $T = 50$ років по табл.7.1 ДБН В.1.2-2:2006);

$\psi = 0,85$ (для груп режимів роботи кранів 1 К-6 Кп.7.22 ДБН В.1.2-2:2006)

$$F_0 = (\sum f_i \cdot y_i) \cdot 1,1;$$

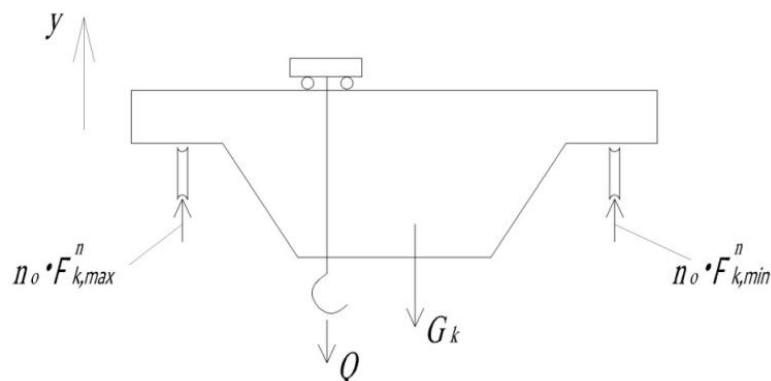
$F_1 = 367 \text{ кН}; F_2 = 392 \text{ кН}; y_1 = 0,1229; y_2 = 0,1979; y_3 = 0,5604; y_4 = 0,6354;$

$y_5 = 1; y_6 = 0,925; y_7 = 0,5625; y_8 = 0,4875;$

$$F_0 = (367 \cdot 0,1229 + 392 \cdot 0,1979 + 392 \cdot 0,5604 + 367 \cdot 0,6354 + 367 \cdot 1 + 392 \cdot 0,925 + 392 \cdot 0,5625 + 367 \cdot 0,4875) \cdot 1,1 = 1875 \text{ кН};$$

$$F_m = 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1875 = 1753,125 \text{ кН}.$$

З іншого боку прольоту на нижню частину колони діє $F_{m \min}$



$$F_{k, \min}^n = \frac{G_k + Q}{n_o} - F_{k, \max}^n = \frac{1500 + 1000}{4} - 420 = 205 \text{ кН}$$

$$V_{\min} = \gamma_n \cdot F_{k, \min, m} \cdot \sum_{i=1}^5 y_i = \gamma_n \cdot \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot F_{k, \min}^n \cdot \sum_{i=1}^5 y_i$$

$$V_{\min} = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 205 \cdot 4,5 = 950 \text{ кН}$$

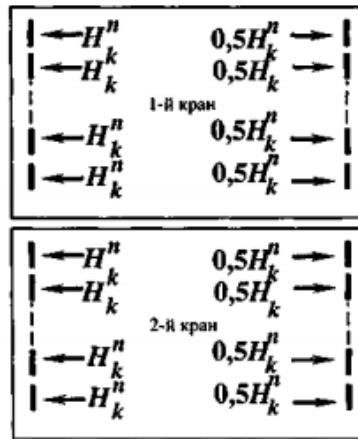


Схема горизонтального навантаження

Характеристичне значення горизонтального навантаження від одного колеса, спрямованому поперек кранового шляху:

$$H_k^n = 0,1 \cdot F_m \max = 370 \cdot 0,1 = 37 \text{ кН}$$

$$0,5 H_k^n = 175,3 \cdot 0,5 = 18,5 \text{ кН}$$

$$H_{m,z,\max} = \gamma_n \cdot \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot H_k^n \cdot \sum_{i=1}^5 y_i = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 37 \cdot 4,5 = 172 \text{ кН}$$

$$0,5 H_{m,z,\max} = \gamma_n \cdot \gamma_{fm} \cdot \psi \cdot H_k^n \cdot \sum_{i=1}^5 y_i = 86 \text{ кН}$$

При складанні розрахункової схеми застосуємо таке допущення: верхню й нижню частину колони представляємо у вигляді стрижнів; розрахункові осі стрижнів проводимо по центру ваги верху й низу колони.

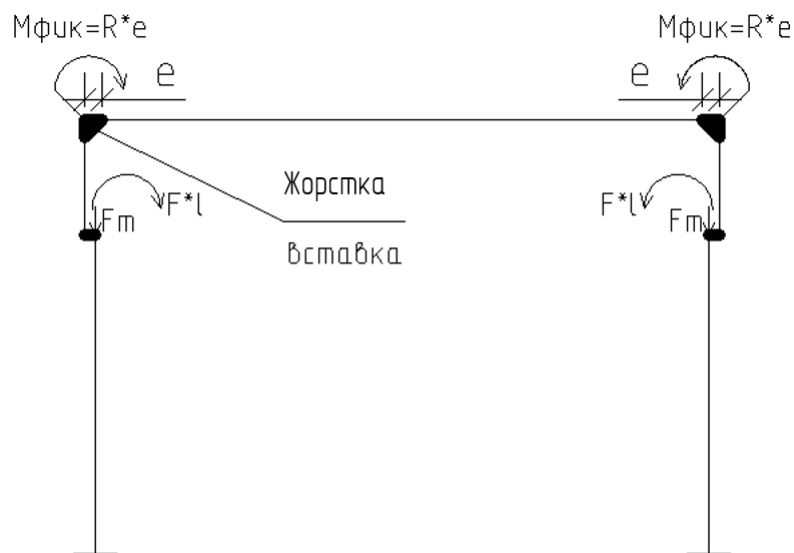


Рисунок 2.14 – Розрахункова схема рами

2.7 Визначення жорсткості елементів рами

Оскільки невідомо фактичний перетин колон (перетин усіх елементів каркаса), те твердість елементів рами призначаємо попередньо. Параметри визначаються на підставі досвіду проектування або проекту-аналога.

- Жорсткість ригеля

$$EI_r = E * \frac{M_{max} * h_r}{2 * R_y} * \mu;$$

$$\mu = 1,15;$$

$$M_{max} * h_r * \frac{(q^{CH} + q^H) * L^2}{8} = \frac{(22 + 26,3) * 36^2}{8} = 7173 \text{ кН*м};$$

$$EI_r = (2,1 * 108 * 7173 * 3,15 * 1,15) / (2 * 24,5 * 10^4) = 1114 * 10^4 \text{ кН*м}^2;$$

$$EA_r = \frac{4 * EI_r}{h^2 r} = 2 * EA_f = \frac{4 * 1114 * 10^4}{3,15^2} = 449 * 10^4 \text{ кН}.$$

- Жорсткість нижньої частини колони

•

$$EI_1 = E * \frac{(R + 2 * D_{max}) * B^2_{низа}}{k_2 * R_y};$$

$$k_2 = 3;$$

$$R = \frac{(q^{CH} + q^H) * L}{2} = \frac{(22 + 26,3) * 36}{2} = 870 \text{ кН};$$

$D_{max} = 1753,125 \text{ кН}$ – вертикальний тиск крана;

$$EI_1 = 2,1 * 108 * \frac{(870 + 2 * 1753,125) * 1^2}{3 * 24,5 * 10^4} = 125 * 10^4 \text{ кН*м}^2;$$

$$I_1 = 125 * 10^4 / (2,1 * 108) = 60 * 10^{-4} \text{ м}^4;$$

$$EA_1 = \frac{4 * EI_1}{B^2_{низа}} = \frac{4 * 125 * 10^4}{1^2} = 500 * 10^4 \text{ кН}.$$

- Жорсткість верхньої частини колони

•

$$EI_2 = \frac{EI_1}{k_1} * \left(\frac{B_{верха}}{B_{низа}} \right)^2 = \frac{125 * 10^4}{1,5} * \left(\frac{0,75}{1} \right)^2 = 46,8 * 10^4 \text{ кН*м}^2;$$

$$k_1 = 1,5;$$

$$I_2 = 46,8 * 10^4 / (2,1 * 108) = 22,3 * 10^{-4} \text{ м}^4;$$

$$EA_2 = \frac{4 * EI_2}{B^2_{верха}} = \frac{4 * 46,8 * 10^4}{0,75^2} = 333 * 10^4 \text{ кН}.$$

2.8 Статичний розрахунок рами

Приймаємо для колони сталь С245, розрахунковий опір стали

$R_y = 24 \text{ кН/см}^2$, коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1$, $\gamma_m = 1$.

Визначаємо розрахункові довжини верхньої й нижньої частин колони в площині рами (рекомендації з визначення розрахункових довжин беремо із ДБН В.2.6-198:2014 додаток С.):

$$l_{ef} = \mu * l;$$

μ – коефіцієнт розрахункової довжини

Оскільки примикання ригеля до колони жорстке, то вважаємо, що верхній кінець колони закріплений лише від повороту.

$$\alpha_1 = \frac{l_1}{l_2} * \sqrt{\frac{I_1}{I_2 * \beta}}; \quad n_1 = \frac{I_2}{I_1} * \frac{l_1}{l_2}; \quad \beta = \frac{F_1 + F_2}{F_2};$$

$$F_2 = \frac{(q^{CH} + q^n) * L}{2} = \frac{(22 + 26,3) * 36}{2} = 870 \text{ кН};$$

$$F_1 = D_{max} = 1753,125 \text{ кН};$$

$$\beta = \frac{F_1 + F_2}{F_2} = \frac{1753,125 + 870}{870} = 3;$$

$$\alpha_1 = \frac{15,1}{5,4} * \sqrt{\frac{60 * 10^{-4}}{22,3 * 10^{-4} * 3}} = 2,65;$$

$$n_{15} = \frac{22,3 * 10^{-4}}{60 * 10^{-4}} * \frac{15,1}{5,4} = 1,04.$$

За табл. С2 дод. С (ДБН В.2.6-198:2014) визначаємо значення μ : для нижньої частини колони $\mu_1 = 2$. Для верхньої частини колони визначаємо коефіцієнт розрахункової довжини:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{\alpha_1} = \frac{2}{2,65} = 0,75.$$

Розрахункова схема рами із номерами елементів наведена на рисунку. Розрахунок здійснено із використанням програмного комплексу ЛІРА-САПР

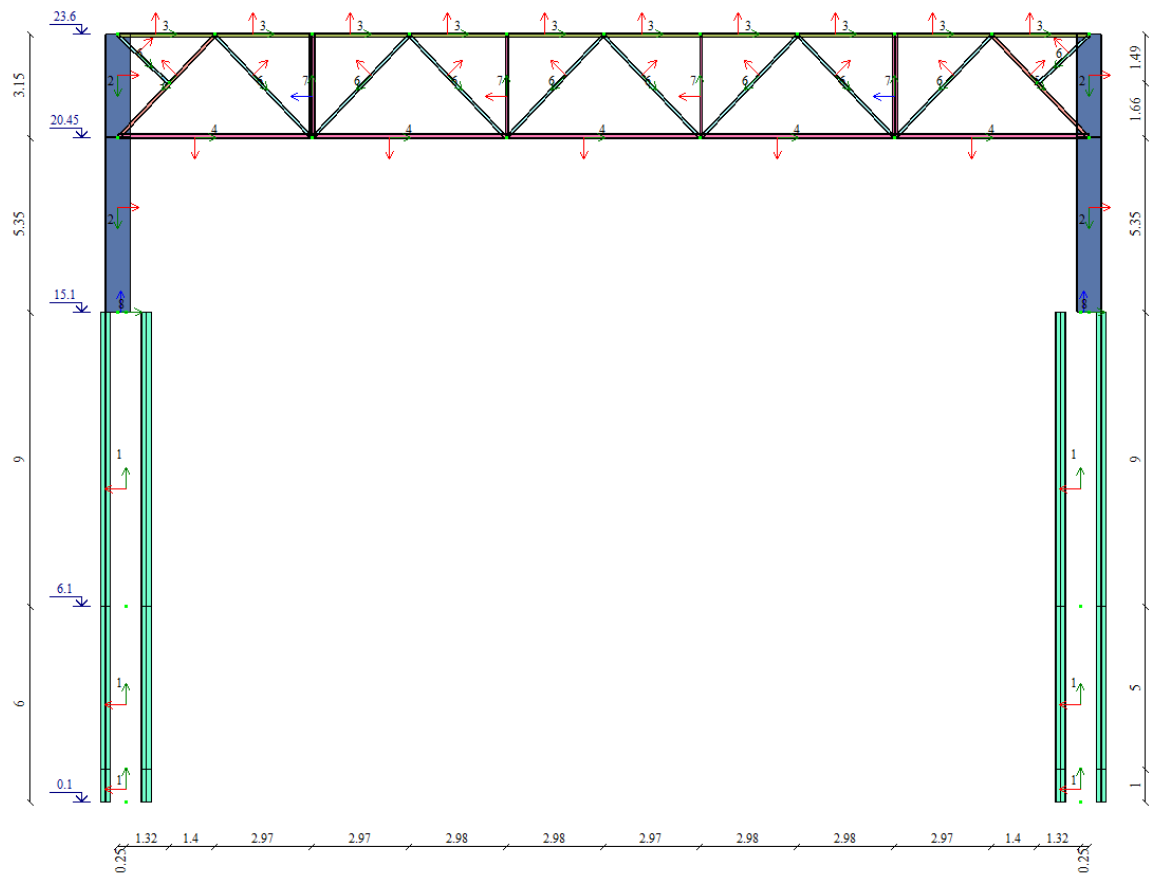


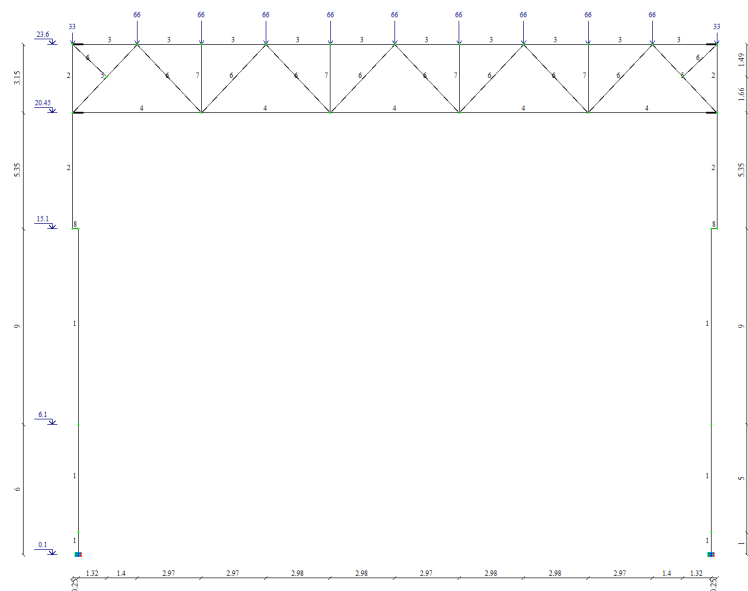
Рисунок 2.15– Розрахункова схема рами

Навантаження, що були прикладені до розрахункової схеми наведені в таблиці 2.2.

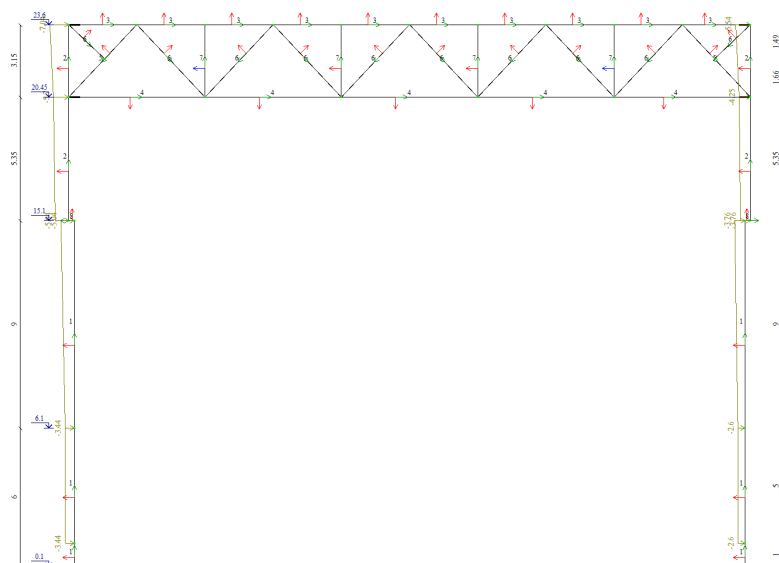
Таблиця 2.2 – Схеми навантаження

Власна вага конструкцій покриття	
---	--

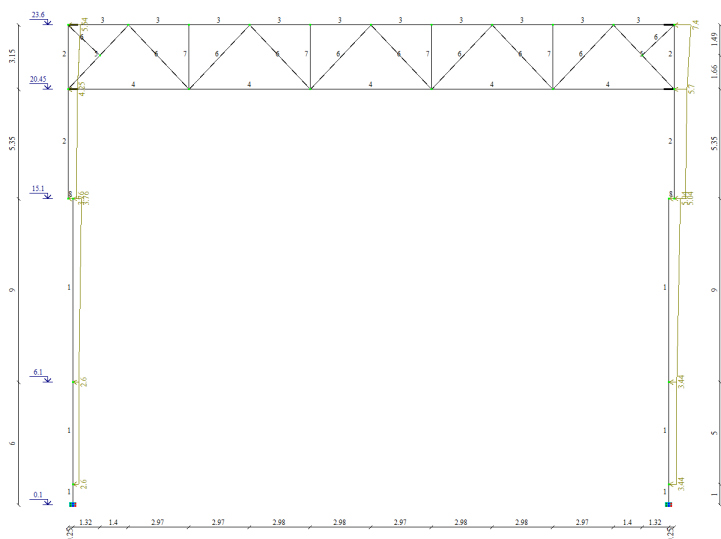
Снігове
навантаження



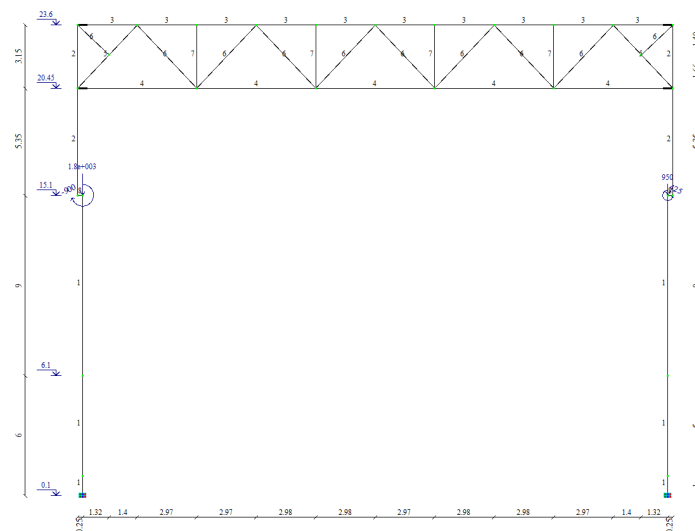
Вітер ліворуч



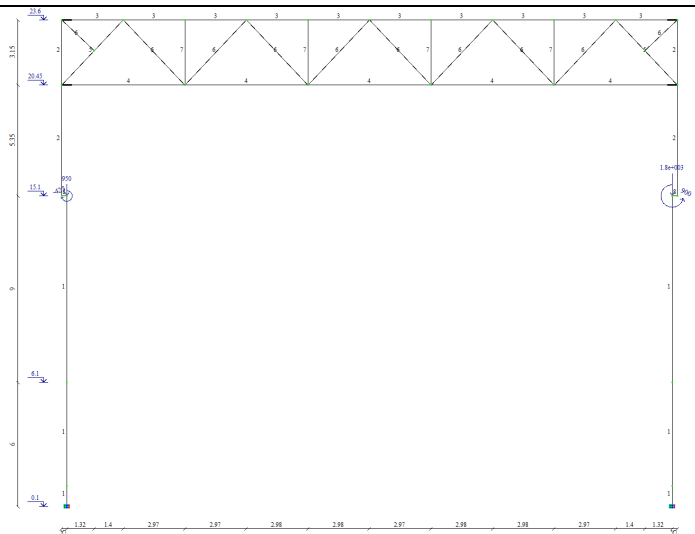
Вітер праворуч



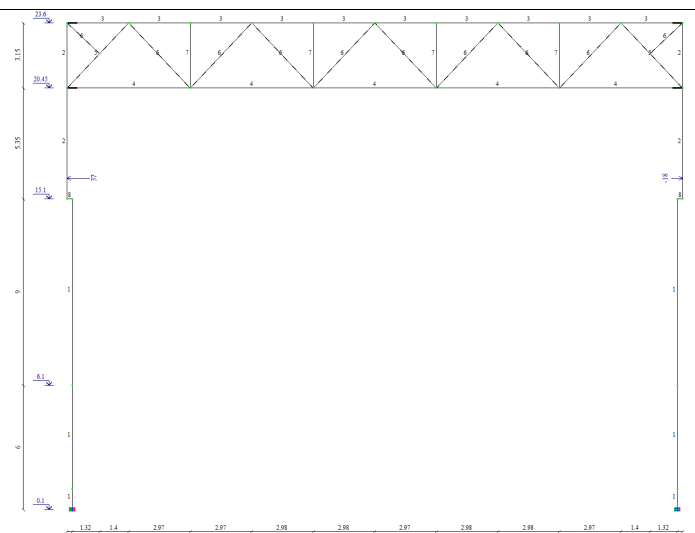
Кран ліворуч



Кран праворуч



Гальмування
крану
ліворуч



Гальмування
крану
праворуч

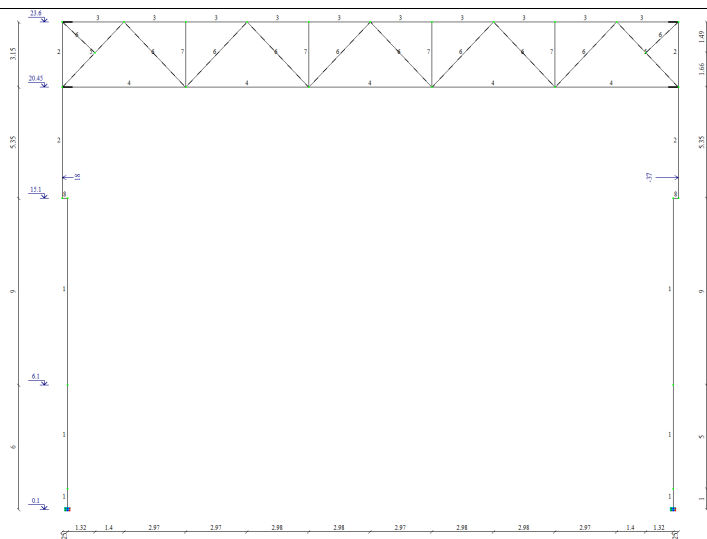
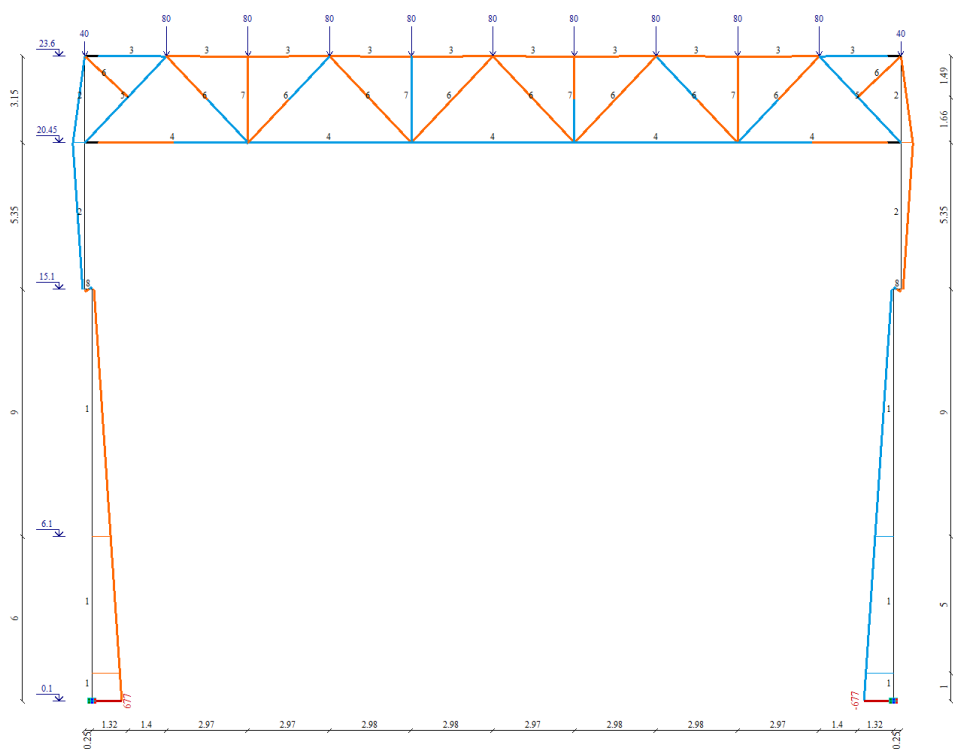
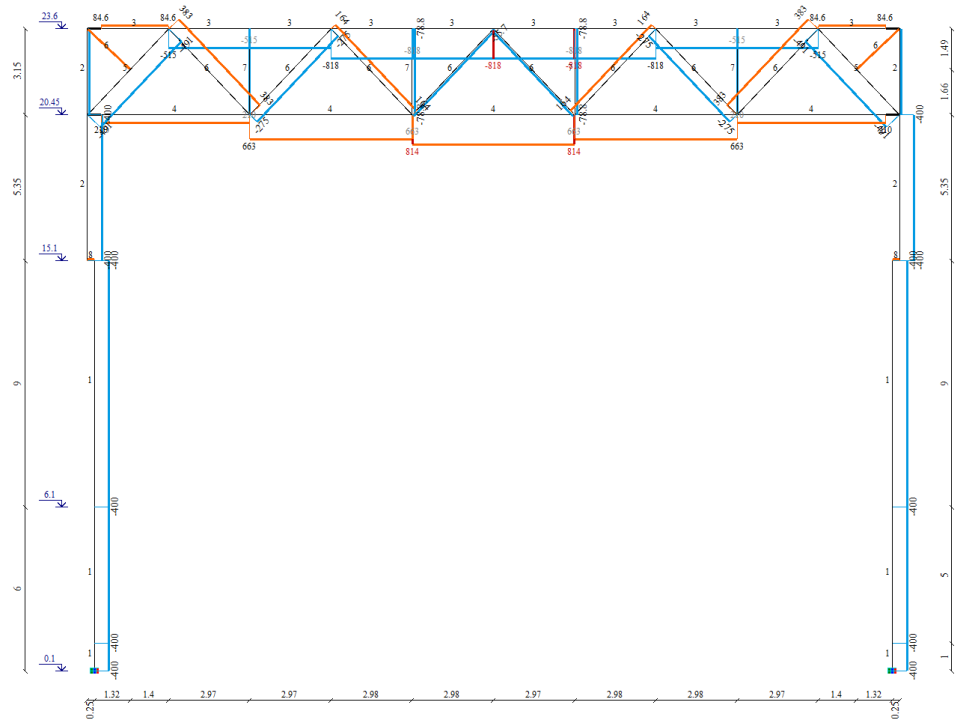


Табл. 2.3 - Результати розрахунку

Власна вага
конструкцій
покриття

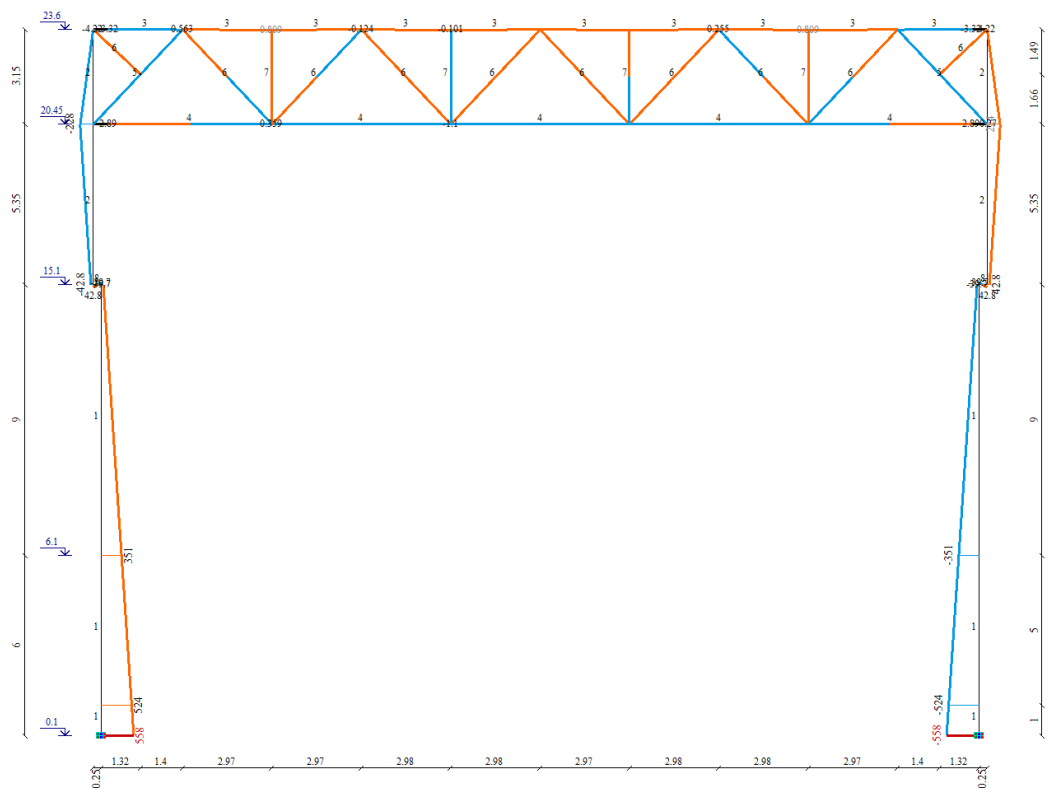


М-кН*м

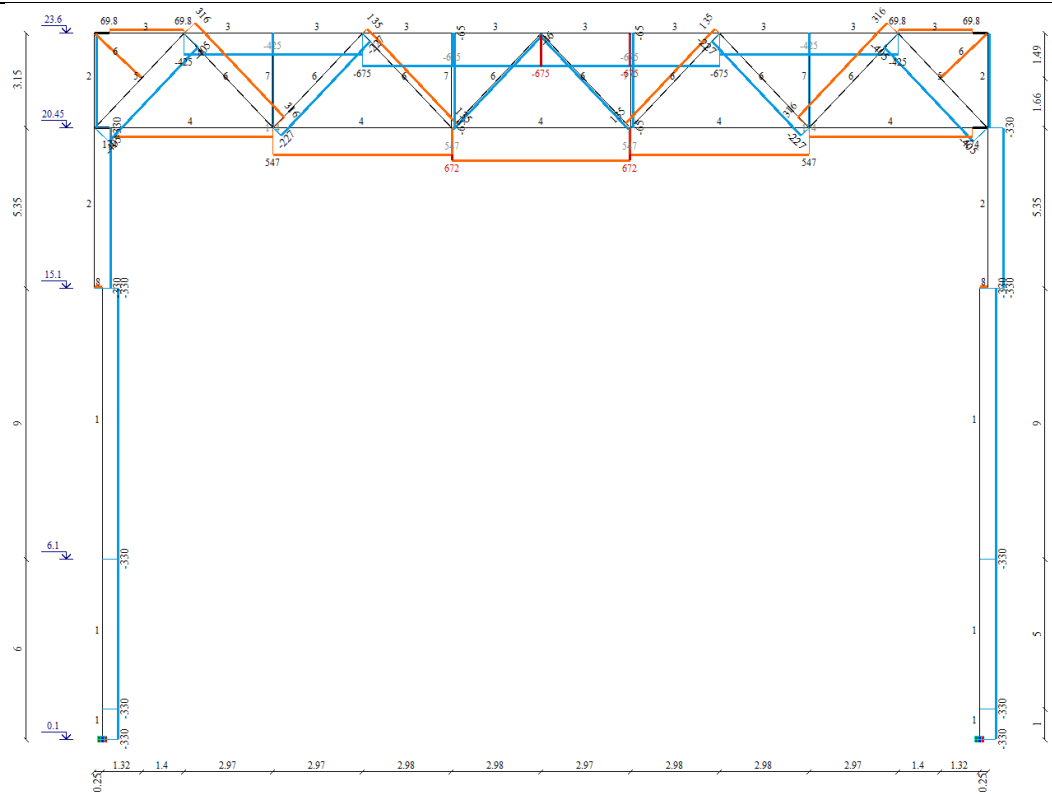


N- кН

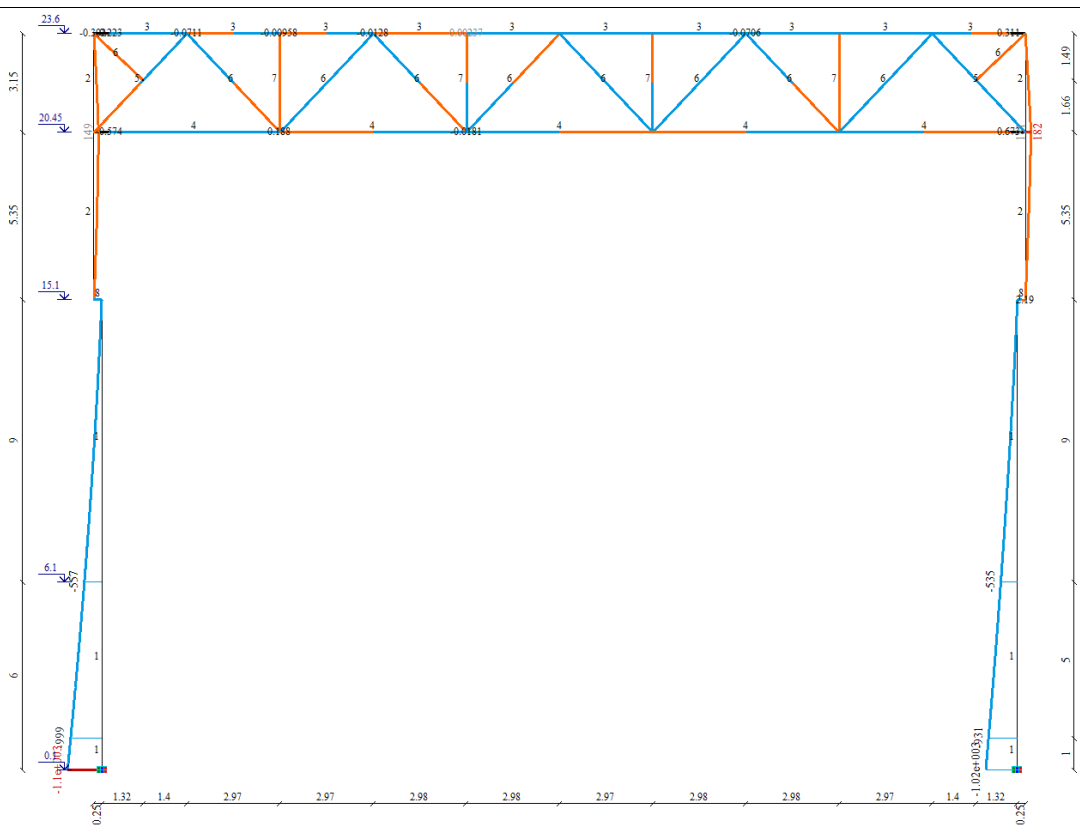
Снігове
навантаженн
я



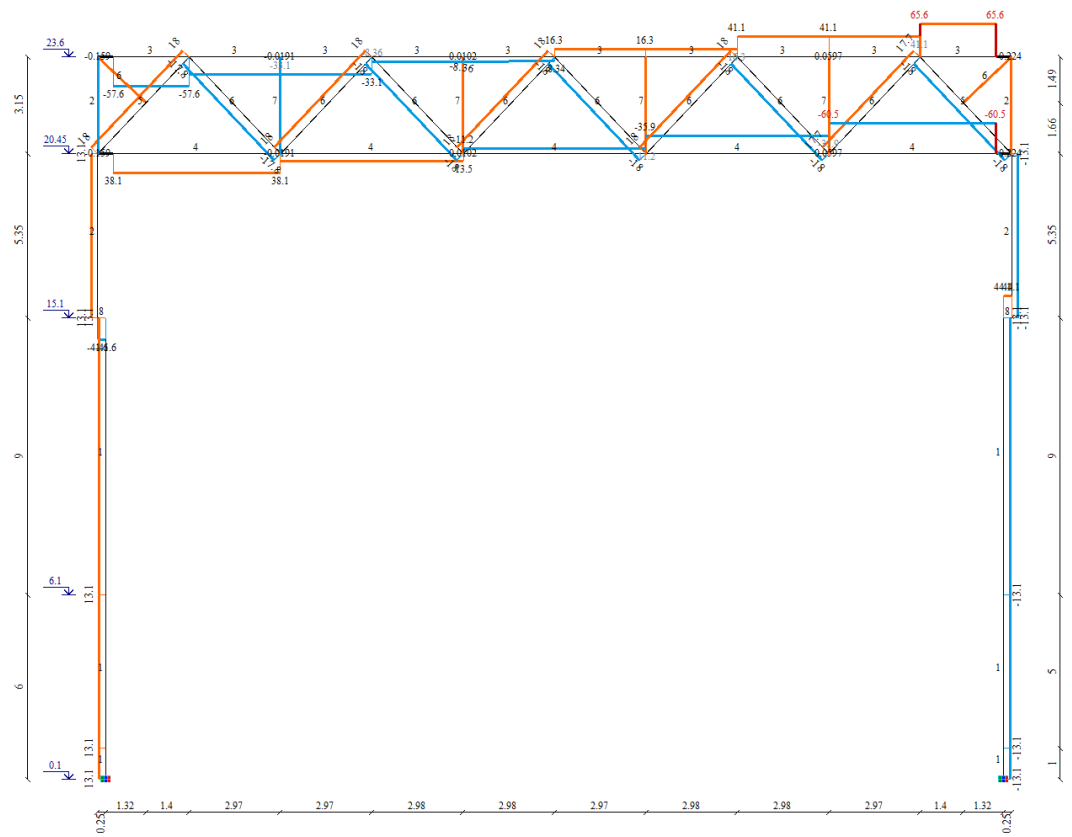
M-кН*м



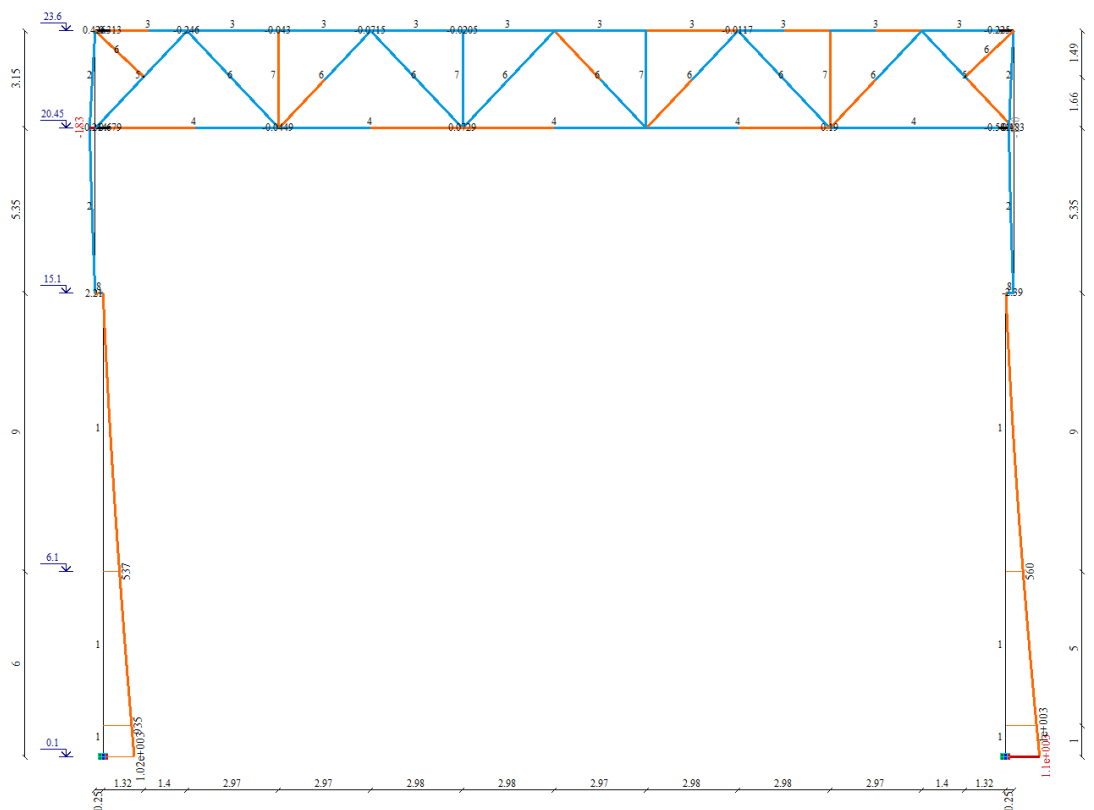
N- KH*


$$M\text{-}KH^*_M$$

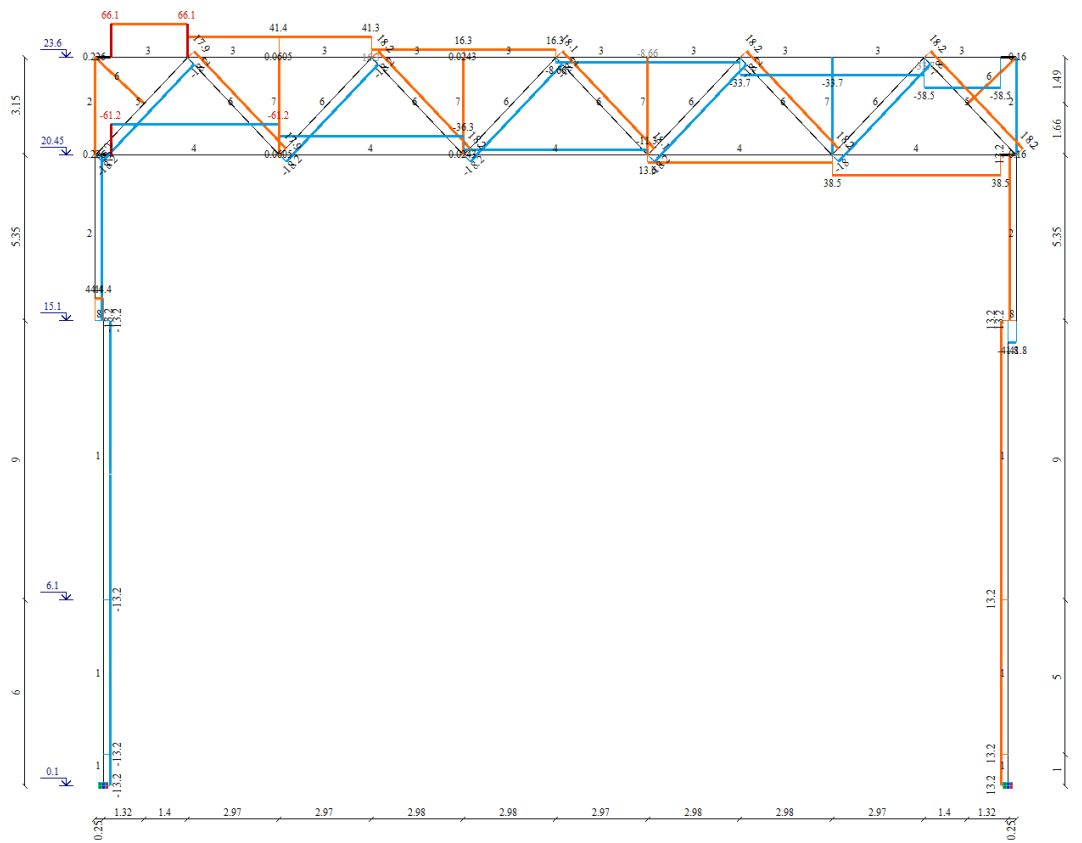
Вітер
ліворуч



N- KH*

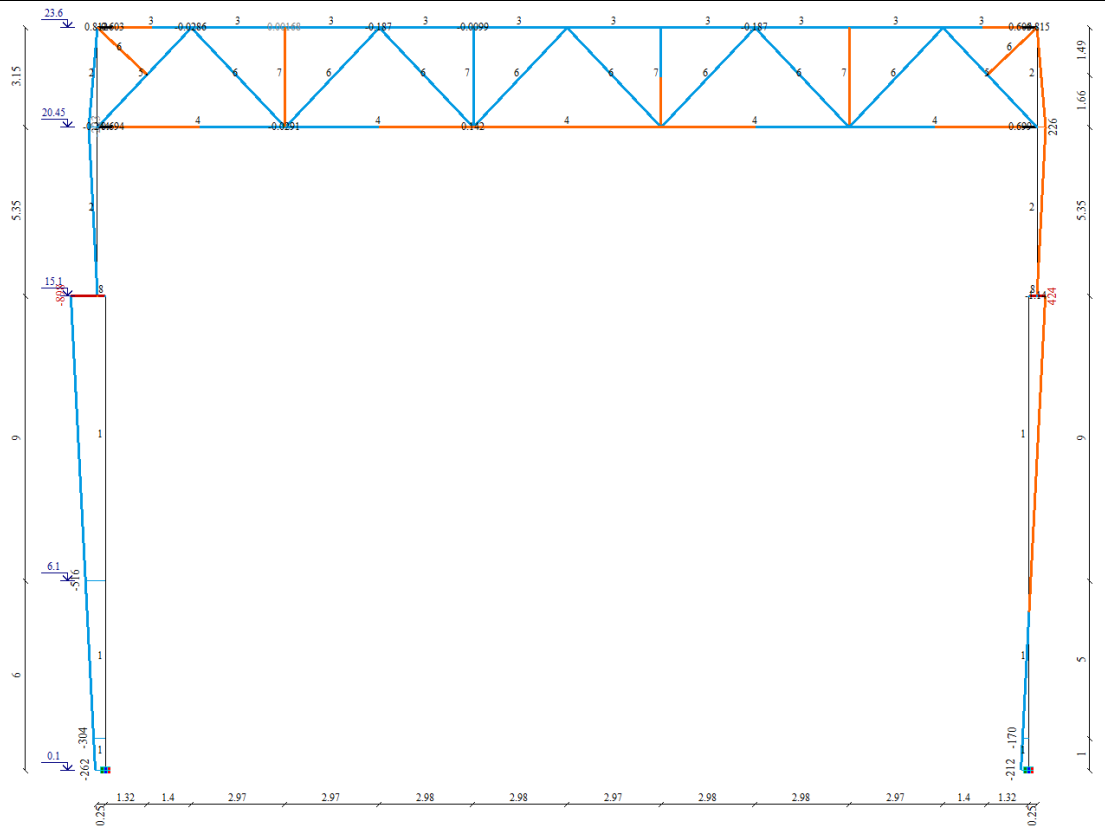

$$M\text{-}KH^*_M$$

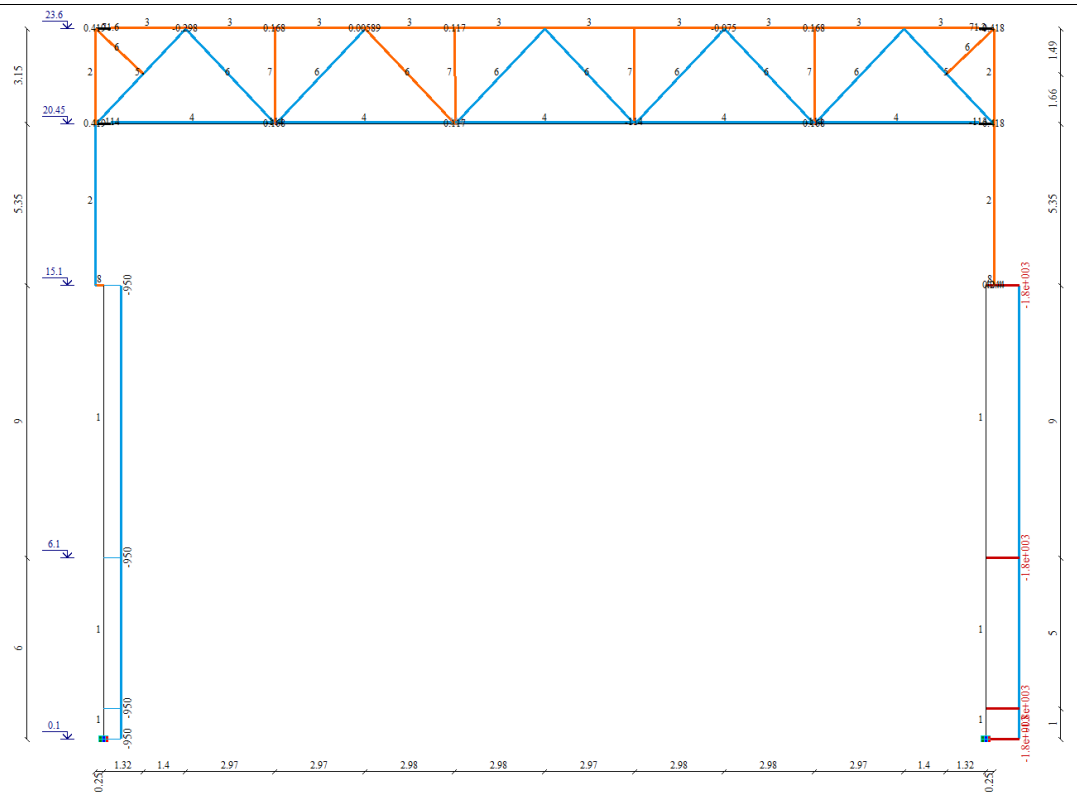
Вітер
праворуч



N- кН*

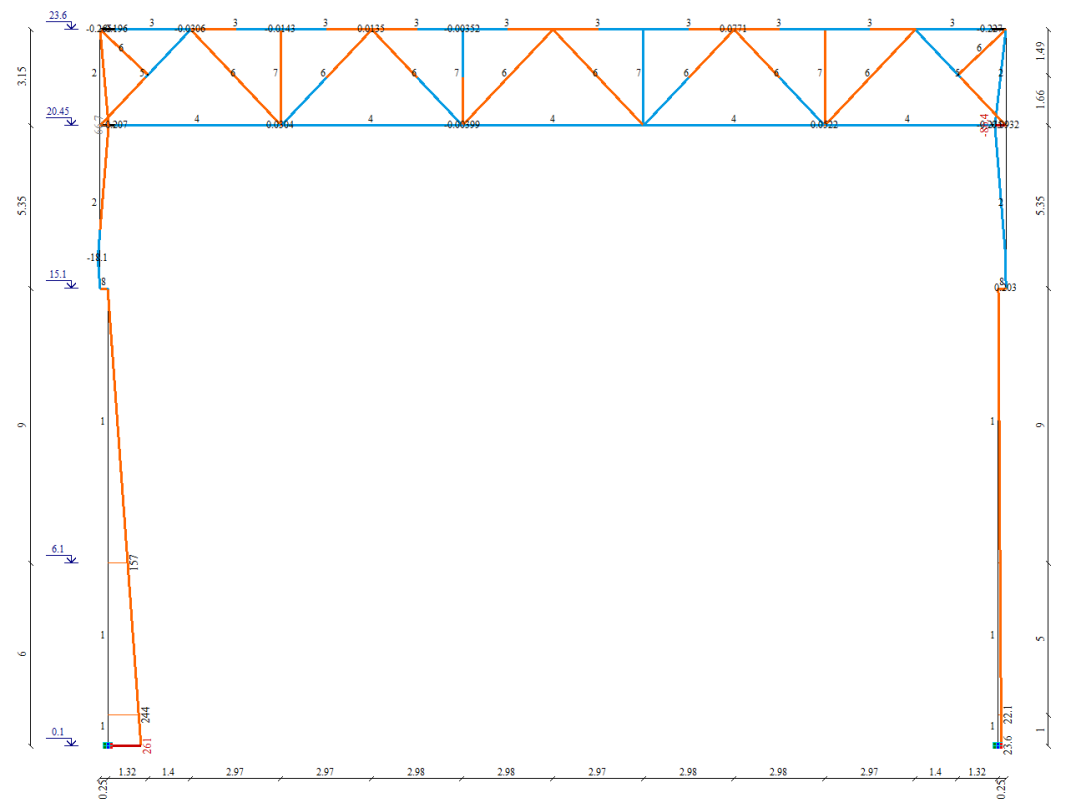
Кран
ліворуч



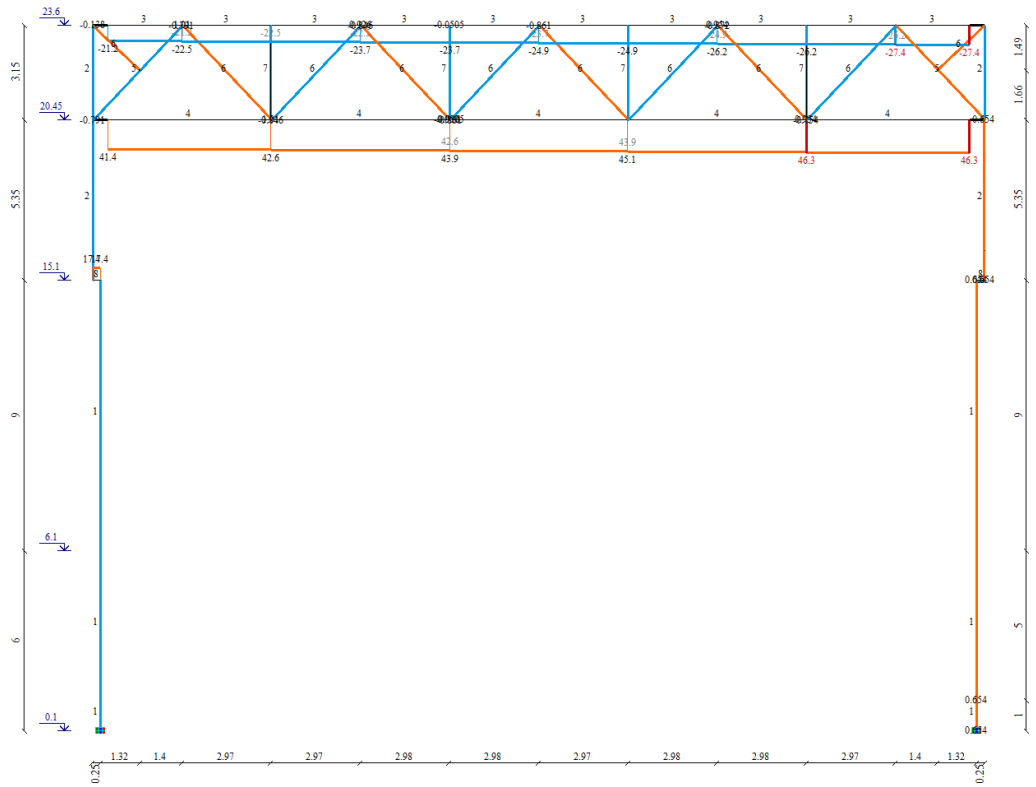


N- кН*

Гальмування
я крану
ліворуч

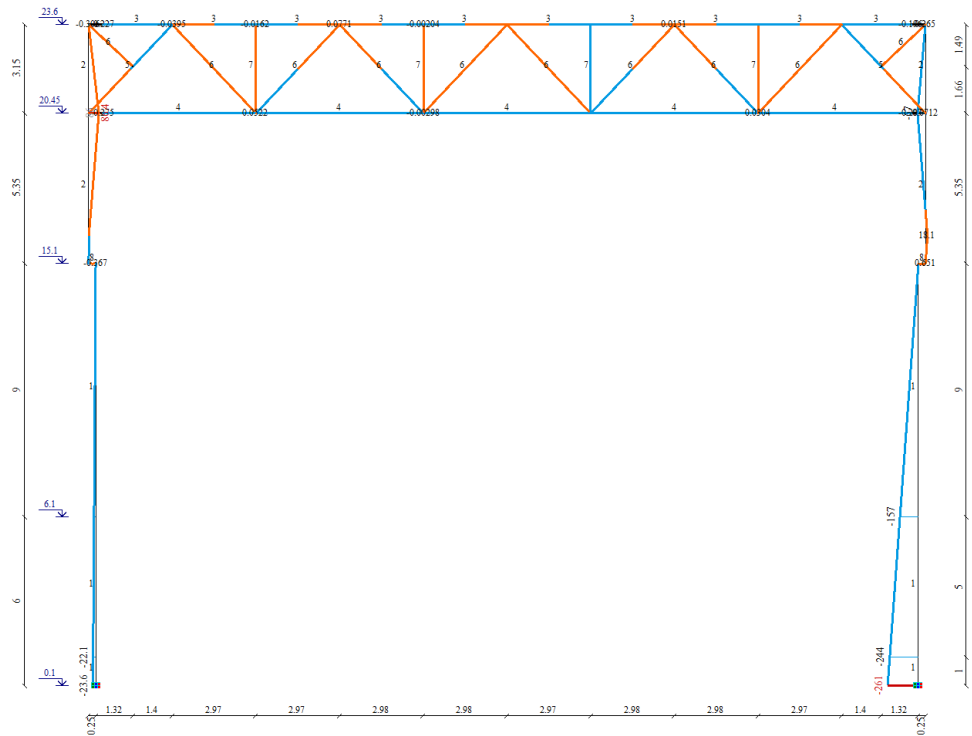


M-кН*м

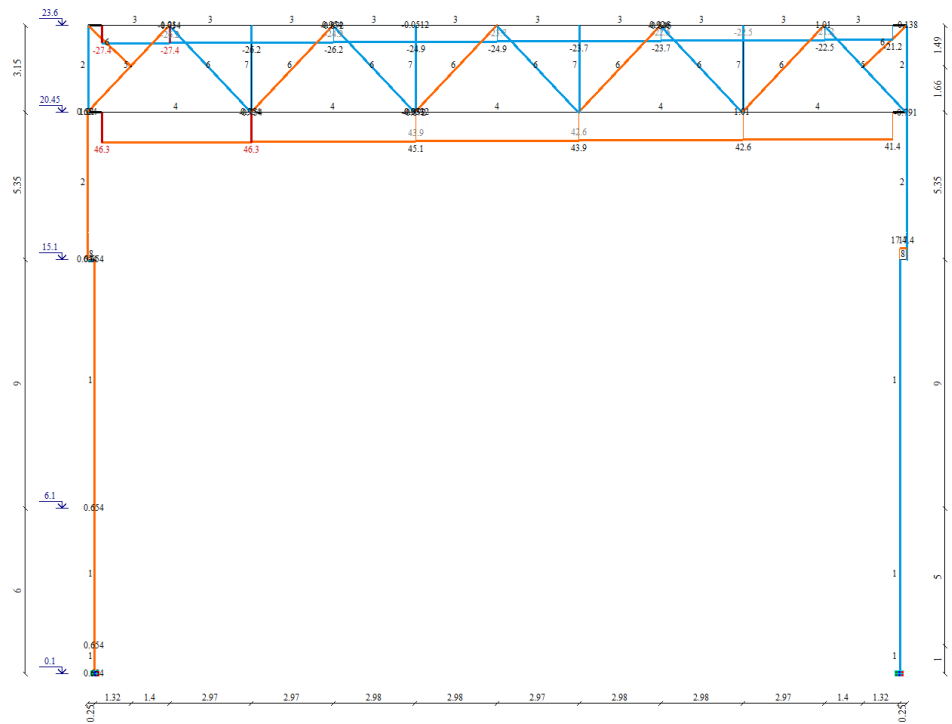


N- кН*

Гальмування крану праворуч



M-кН*м



N- кН*

2.9 Компонування й перевірка перерізу верхньої частини колони

Верхня частина колони приймається складеного двотаврового перерізу, схема якого наведена на рисунку 2.16

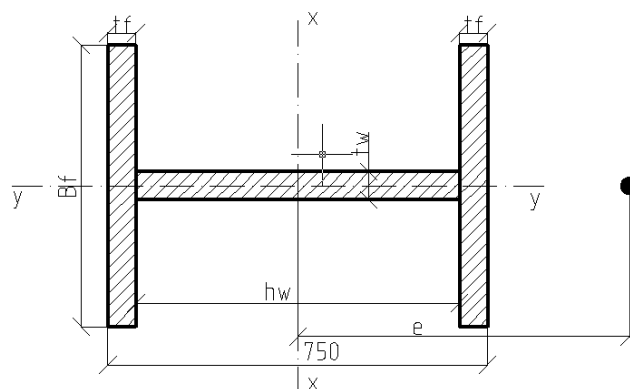


Рисунок 2.16 – Компонування перетину верхньої частини колони

Визначаємо розрахункову комбінацію зусиль M , N по РСЗ у ПК ЛІРА САПР:

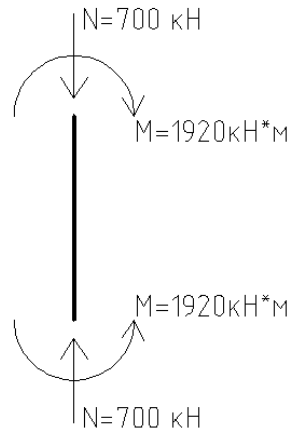


Рисунок 2.17– Розрахункова комбінація зусиль

Визначаємо попередньо радіуси інерції і ядрові відстані:

$$i_{y-y} = 0,24 \cdot B_f;$$

$$i_{x-x} = 0,42 \cdot B_{\text{верха}};$$

$$\rho_x = 0,36 \cdot B_{\text{верха}}.$$

Ширину полиці B_f ухвалюємо в межах $1/20 \cdot H_b^*$:

$$B_f = 1/20 \cdot 5,4 = 0,27 \text{ м};$$

$$i_{y-y} = 0,24 \cdot B_f = 0,24 \cdot 27 = 6,5 \text{ см};$$

$$i_{x-x} = 0,42 \cdot B_{\text{верха}} = 0,42 \cdot 75 = 32 \text{ см};$$

$$\rho_{x-x} = 0,36 \cdot B_{\text{верха}} = 0,36 \cdot 75 = 27 \text{ см}.$$

Переріз розглядається як позацентрово стиснутий.

Переріз відносно осі $x-x$ — позацентрово-стиснутий; а відносно осі $y-y$ — розглядається як центрово-стиснутий, але з урахуванням впливу згинального моменту. Компонування та розрахунок перерізу в площині дії згинального моменту виконуємо у відповідності до вимог ДБН В.2.6-198:2014.

Визначаємо ексцентриситет:

$$e = M/N = 1920/700 = 2,75 \text{ м}.$$

Умова стійкості позацентрово-стиснутого елемента (п. 10.2.2):

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1.$$

Визначаємо необхідну площу поперечного переріза:

$$\varphi_e (\lambda; mef);$$

$$\lambda_{-x-x} = \lambda * \sqrt{\frac{Ry}{E}} = 13,5 * \sqrt{\frac{24}{21000}} = 0,46;$$

$$\lambda = \frac{H_B^* \mu_2}{i_{x-x}} = \frac{540 * 0,8}{32} = 13,5.$$

Відносний ексцентриситет:

$$m = \frac{e}{\rho_x} = \frac{2,75}{0,27} = 10,2 \text{ м.}$$

При розрахунках напозацентровий стиск необхідно враховувати форму поперечного переріза елемента. Коефіцієнт впливу форми перерізу $\eta = 1,2$ по табл. Ж2 (тип 5). Тоді наведений відносний ексцентриситет:

$$mef = \eta * m = 1,2 * 10,2 = 12,24 \text{ м;}$$

$$\lambda_{-x-x} = 0,46; mef = 12,24 \text{ м.}$$

φ_e визначаємо по табл. Ж3 $\Rightarrow \varphi_e = 0,125$.

$$A_{\text{потрібна}} = \frac{700}{0,125 * 24 * 1,1} = 212,12 \text{ см}^2;$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \lambda_w; (\lambda_w = 80 \dots 100);$$

$$\frac{75}{t_w} = 100 \Rightarrow t_w = 0,75 \text{ см. Приймаємо } t_w = 1 \text{ см.}$$

$$t_f = (1 \dots 3) * t_w = 2 * 1 = 2 \text{ см.}$$

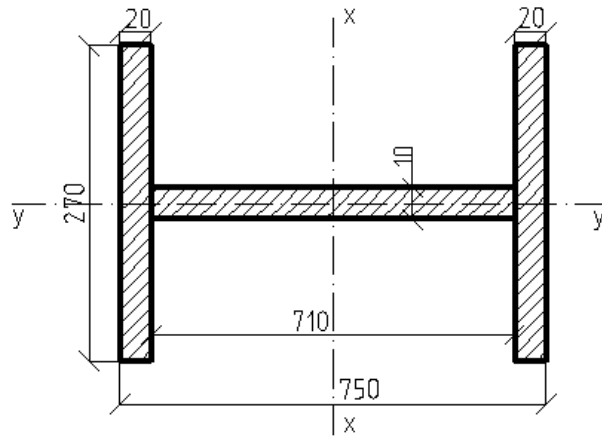


Рисунок 2.18 – Скомпонований перетин верхньої частини колони з розмірами

Визначаємо фактичні геометричні характеристики скомпонованого перерізу:

$$A = 2 \cdot 27 \cdot 2 + 71 \cdot 1 = 180 \text{ см}^2;$$

$$I_{x-x} = 173745 \text{ см}^4; \quad W_{x-x} = 4632 \text{ см}^3;$$

$$i_{x-x} = \sqrt{\frac{173745}{180}} = 31,73745$$

$$\rho_{x-x} = \frac{W}{A} = \frac{4632}{180} = 25,7 \text{ см};$$

$$\lambda_{x-x} = \frac{H_B^* \cdot \mu}{i_{x-x}} = \frac{540 \cdot 0,8}{31} = 14 \text{ см};$$

$$\lambda_{-x-x} = \lambda_{x-x} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 14 \cdot \sqrt{\frac{24}{21000}} = 0,47;$$

$$m_x = \frac{e}{\rho} = \frac{275}{25,7} = 9,7 \text{ см}.$$

Уточнюємо коефіцієнт впливу форми перерізу за табл. Ж2:

$$\eta = \frac{A_f}{A_w} = \frac{27 \cdot 2}{71 \cdot 1} = 0,76;$$

$$\lambda_{-x-x} = 0,47 \quad (0 \leq \lambda_{-x-x} \leq 5);$$

$$m_x = 9,7 \quad (5 \leq m_x \leq 10);$$

$$\eta = 1,25.$$

По табл. Ж3 визначаємо φ_e – коефіцієнт зниження розрахункових опорів: $\varphi_e = 0,150$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{700}{0,17 \cdot 180} = 23 \text{ кН/см}^2 \leq 24 \text{ кН/см}^2.$$

Умова стійкості виконується.

Перевірка стійкості скомпонованого перетину відносно у-у (п.10.2.4).

$$\frac{N}{c \cdot \varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1.$$

Коефіцієнт із урахував вплив моменту в площині, перпендикулярної напрямку втрати стійкості. Значення коефіцієнта із залежить від відносного ексцентриситету m_x .

$$m_x = 9,7. (5 \leq m_x \leq 10);$$

$$c = c_5 \cdot (2 - 0,2 \cdot m_x) + c_{10} \cdot (0,2 \cdot m_x - 1).$$

Коефіцієнт c_5 визначається як із при $m_x = 5$, а c_{10} визначається як із при $m_x = 10$.

$$I_{y-y} = \frac{2 \cdot 27^3}{12} = 3281 \text{ см}^4;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{y-y}}{A}} = \sqrt{\frac{3281}{180}} = 4,27 \text{ см};$$

$$\lambda_y = \frac{H_B}{i_y} = \frac{540}{4,27} = 126,5;$$

$$\lambda_y^- = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 126,5 \cdot \sqrt{\frac{24}{21000}} = 4,27;$$

Визначаємо φ_y додаток. Ж (рис. Ж1), крива А: $\varphi_y = 0,431$; $\varphi_b = 0,8$.

$$c_5 = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot v \cdot m_x}$$

Коефіцієнти α , v і β визначаються по табл. 10.2

$$\alpha = 0,65 + 0,05 \cdot m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 5 = 0,9;$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_y}} = \sqrt{\frac{0,673}{0,431}} = 1,25;$$

$$v = 1 - \frac{\lambda_y^-}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{b}{h}\right) = 1 - \frac{4,27}{14} \cdot \left(2,12 - \frac{27}{75}\right) = 0,465;$$

$$c_5 = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot v \cdot m_x} = \frac{1,25}{1 + 0,9 \cdot 0,465 \cdot 5} = 0,4;$$

$$c_{10} = \frac{1}{1 + m_x \cdot \frac{\varphi_y}{\varphi_b}} = \frac{1}{1 + 10 \cdot \frac{0,431}{0,8}} = 0,15;$$

$$c = c_5 \cdot (2 - 0,2 \cdot m_x) + c_{10} \cdot (0,2 \cdot m_x - 1) =$$

$$= 0,4 * (2 - 0,2 * 9,7) + 0,15 * (0,2 * 9,7 - 1) = 0,165.$$

Визначаємо $c_{\max}$:

$$c_{\max} = \frac{2}{1 + \delta * B + \sqrt{(1 - \delta * B)^2 + 16 * \frac{1}{\mu} * (\alpha - \frac{e_x}{h})^2}};$$

$$\delta = \frac{4 * \rho}{\mu};$$

$$B = 1 + \frac{2 * \beta}{\rho} * \frac{e_x}{h};$$

$$\mu = 8 * \omega + 0,156 * \frac{I_t}{A h^2} * \lambda_y^2;$$

$$\alpha = \frac{\alpha_x}{h};$$

$$e_x = \frac{M_x}{N}.$$

α_x – відстань між центром ваги й центром вигину поперечного перерізу; для симетричних перетинів (двотавр) щодо двох осей $\alpha_x = 0$.

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{1020}{700} = 1,45 \text{ м} = 145 \text{ см};$$

$$\rho = \frac{I_x + I_y}{A h^2} = \frac{173745 + 3281}{180 * 75^2} = 0,172;$$

$$I_t = \varepsilon * \sum b_i t_i;$$

Визначаємо ε по табл. К1 для першого типу перерізу: $\varepsilon = 0,43$.

$$I_t = 0,43 * (71 * 1^3 + 2 * 27 * 2^3) = 217 \text{ см}^4.$$

По табл. К1: $\omega = 0,25$.

$$\mu = 8 * \omega + 0,156 * \frac{I_t}{A h^2} * \lambda_y^2 = 8 * 0,25 + 0,156 * \frac{217}{180 * 75^2} * 126,5^2 = 2,5;$$

$$\delta = \frac{4 * \rho}{\mu} = \frac{4 * 0,172}{2,5} = 0,275;$$

$$B = 1 + \frac{2 * \beta}{\rho} + \frac{e_x}{h}.$$

Визначаємо B для першого типу перерізу (К.2):

$$B = 1 + \frac{0}{\rho} * \frac{e_x}{h} = 1.$$

$$c_{\max} = \frac{2}{1 + \delta * B + \sqrt{(1 - \delta * B)^2 + 16 * \frac{1}{\mu} * (\alpha - \frac{e_x}{h})^2}} = \frac{2}{1 + 0,275 + \sqrt{(1 - 0,275)^2 + 16 * \frac{1}{2,5} * (0 - \frac{145}{75})^2}} = 0,32;$$

$$c_{\text{факт}} = 0,165 ; c_{\max} = 0,32;$$

$c_{\text{факт}} < c_{\max}$, тоді перевірку здійснюємо при значенні $c_{\text{факт}} = 0,165$.

Перевірка щодо осі у-у:

$$\frac{N}{c * \varphi * A * R_y * \gamma_c} \leq 1 ;$$

$$\frac{700}{0,165 \cdot 0,431 \cdot 180 \cdot 24 \cdot 1} = 0,8;$$

Умова стійкості щодо осі у-у виконується.

Перевіряємо місцеву стійкість стінки й поясів (п.10.4.2, 10.4.6):

$$c \cdot \varphi = 0,165 \cdot 0,431 = 0,0714;$$

$$\varphi_e = 0,14;$$

$$c \cdot \varphi < \varphi_e;$$

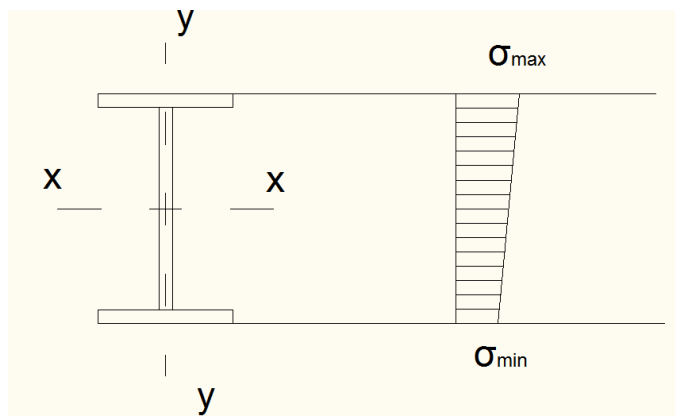


Рисунок 2.19 - До визначення коефіцієнта α

Необхідно визначити коефіцієнт α . Для його визначення використовуємо формулу для напруг:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}.$$

Максимальний рівень стискаючих напруг ухвалюється зі знаком "+"; рівень на протилежній стороні перетину ухвалюється зі своїм знаком.

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = -\frac{700}{180} - \frac{1920 \cdot 100}{4632} = 26 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = -\frac{700}{180} + \frac{1920 \cdot 100}{4632} = 18 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\alpha = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{26 - 18}{26} = 0,3;$$

$$m_x = \frac{\alpha}{2 - \alpha} = \frac{0,3}{2 - 0,3} = 0,176;$$

Величину граничної гнучкості встановлюємо по лінійній інтерполяції для $m_x = 0$ і $m_x = 1$.

Для $m_x = 0$:

$$\lambda_{y-y}^- = 4,27;$$

$$\lambda > 2 \rightarrow \lambda_{uw}^- = 1,2 + 0,35 * \lambda_{y-y}^-;$$

$$\lambda_{uw}^- = 1,2 + 0,35 * 4,27 = 2,7.$$

Для $m_x = 1$:

$$\lambda_{y-y}^- = 0,685;$$

$$\lambda > 2 \rightarrow \lambda_{uw}^- = 1,2 + 0,35 * \lambda_{y-y}^-;$$

$$\lambda_{uw}^- = 1,2 + 0,35 * 0,685 = 1,44;$$

$$\lambda_{uw}^- \text{ для } m_x = 0,176: \lambda_{uw}^- = 2,8;$$

$$\lambda_w^- = \frac{h_{ef}}{1} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{71}{1} \sqrt{\frac{24}{21000}} = 2,5;$$

$$\lambda_w^- = 2,5 < \lambda_{uw}^- = 2,8.$$

Місцева стійкість стінки забезпечена.

Перевірка місцевої стійкості поясів:

$$\lambda_f^- = \frac{b_{ef}}{t_f} * \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{13,5}{2} * \sqrt{\frac{24}{21000}} = 0,228;$$

$$\lambda_{uf}^- = \lambda_{ufc}^- - 0,01 * (1,5 + 0,7 * \lambda_x^-) * m_x;$$

$$\lambda_{ufc}^- = 0,36 + 0,1 * \lambda^- = 0,36 + 0,1 * 0,685 = 0,43;$$

$$\lambda_{uf}^- = 0,43 - 0,01(1,5 + 0,7 * 0,47) * 9,7 = 0,383;$$

$$\lambda_f^- = 0,228 < \lambda_{uf}^- = 0,383.$$

Місцева стійкість поясів забезпечена.

2.10 Компонування й перевірка перерізу нижньої частини колони

Попередньо задаємося величинами:

$L = 16,2 \text{ м}$; матеріал – сталь С245; $\gamma_c^{\text{решітки}} = 0,75$; $\gamma_c^{\text{стрижня}} = 1$; $\mu_x = 1,2$; $\mu_y = 1$.

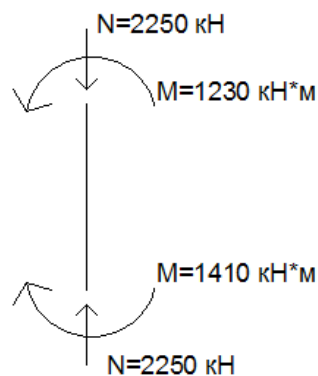


Рисунок 2.20- Розрахункова комбінація зусиль

Переріз нижньої частини колони приймаємо із двох прокатних двотаврів.

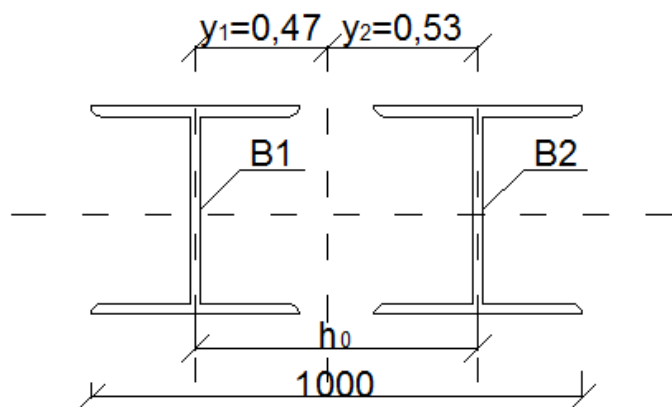


Рисунок 2.21. – Переріз нижньої частини колони

Уточнюємо зусилля в галузях з урахуванням положення центру ваги:

$$N_{B1} = \frac{M_1}{h_0} + \frac{N_1}{h_0} * y_2 = \frac{1230}{1} + \frac{2250}{1} * 0,53 = 2423 \text{ кН};$$

$$N_{B2} = \frac{M_2}{h_0} + \frac{N_2}{h_0} * y_1 = \frac{1410}{1} + \frac{2250}{1} * 0,47 = 2468 \text{ кН}.$$

Підбираємо переріз гілок як для центрально-стислих, щодо осі у-у:

$$i_{y_{\text{треб.}}} = \frac{1620}{90} = 18 \text{ см};$$

$$A_{B1} = \frac{N_{B1}}{\varphi * R_y * \gamma_c} = \frac{2423}{0,8 * 24 * 1} = 126,2 \text{ см}^2;$$

$$A_{B2} = \frac{N_{B2}}{\varphi * R_y * \gamma_c} = \frac{2468}{0,8 * 24 * 1} = 128,5 \text{ см}^2.$$

Остаточно приймаємо такі перерізи гілок:

для зовнішньої гілки: двотавр колонний 30 К3;

- для внутрішньої гілки: двотавр колонний 30 К.

Геометричні характеристики двотавра 30 К3:

$$A = 138,72 \text{ см}^2; I_x = 23910 \text{ см}^4; i_x = 13,1 \text{ см}; I_y = 23910 \text{ см}^4; i_y = 7,5 \text{ см}.$$

Перевірка прийнятого перетину для внутрішньої галузей:

$$\lambda_{y-y} = \frac{1260}{13,1} = 96,2;$$

$$\lambda_{y-y}^- = \lambda_{y-y} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 96,2 \sqrt{\frac{24}{21000}} = 3,25.$$

Визначаємо φ за додатком. К, крива А: $\varphi = 0,750$.

$$\sigma = \frac{N_{B2}}{\varphi * A * \gamma_c} = \frac{2468}{0,750 * 138,72 * 1} = 23,7 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умова виконується.

Розробляємо схему поєднувальної решітки.

Приймаємо решітку трикутного типу. Відстань між вузлами ухвалюємо виходячи із гнучкості гілок на цій ділянці:

$$\lambda_B \approx 30 \div 40;$$

$$l = i_y * 30 = 7,5 * 30 = 230 \text{ см};$$

$$\arctg \frac{100}{115} = 41^\circ$$

Оскільки знайдений кут не задовольняє межах $45^\circ \div 60$, то кут призначаємо мінімальний припустимий – 45° .

Визначаємо відстань між вузлами решітки:

$$l = (\tg 45^\circ) * 100 = 1 * 100 = 100 \text{ см};$$

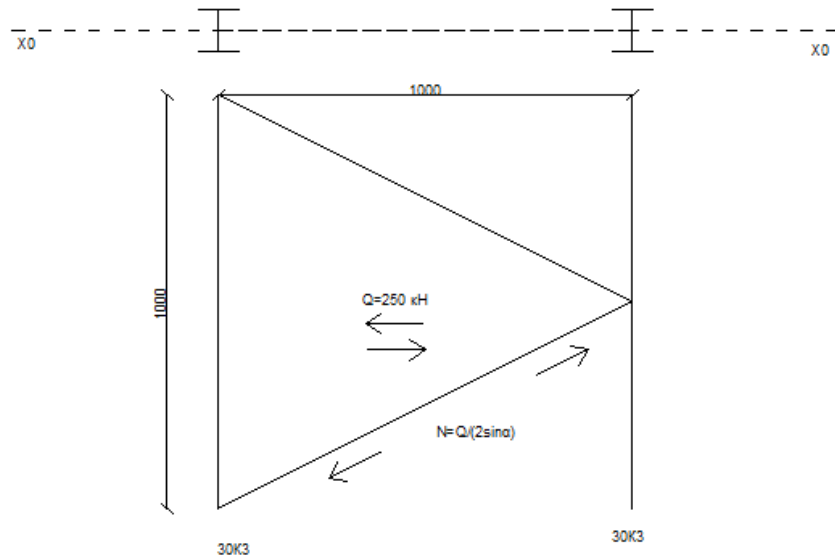


Рисунок 2.21 – Фрагмент поєднувальної решітки

Для зовнішньої гілки:

$$\lambda_{x-x} = \frac{100}{7,5} = 13,3;$$

$$\lambda_{x-x}^- = \lambda_{x-x} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 13,3 \sqrt{\frac{24}{21000}} = 0,45.$$

Визначаємо φ по дод. Ж, крива «а» (рис.Ж1): $\varphi = 0,997$.

$$\sigma = \frac{N_{B2}}{\varphi * A * \gamma_c} = \frac{2468}{0,997 * 138,72 * 1} = 17,8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Для підкранової гілки:

$$\lambda_{x-x} = \frac{100}{7,5} = 13,3;$$

$$\lambda_{x-x}^- = \lambda_{x-x} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 13,3 \sqrt{\frac{24}{21000}} = 0,38.$$

Визначаємо φ по дод. Ж, крива «а» (рис.Ж1): $\varphi = 0,997$.

$$\sigma = \frac{N_{B2}}{\varphi \cdot A \cdot \gamma_c} = \frac{2468}{0,997 \cdot 138,72 \cdot 1} = 17,8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умова стійкості на ділянці між вузлами решітки задовольняється.

Визначаємо переріз елемента решітки.

Ґрати працює на силу, що перерізує, $Q = 250 \text{ кН}$.

$$N = \frac{Q}{2 \cdot \sin 45^\circ} = 180 \text{ кН};$$

$$I_{\text{расч}} = \sqrt{50^2 + 100^2} = 112 \text{ см}.$$

Попередньо прийнемо гнучкість елемента решітки $\lambda = 80$.

Визначаємо мінімальний радіус інерції перерізу решітки:

$$i_{\min} = \frac{112}{80} = 1,4 \text{ см}.$$

По сортаменту підбираємо куточок – 70х5, $A = 7,39 \text{ см}^2$.

$$\lambda^- = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 80 \sqrt{\frac{24}{21000}} = 2,7;$$

Визначаємо φ за додатком К, крива А: $\varphi = 0,803$.

$$\sigma = \frac{N_{B2}}{\varphi \cdot A \cdot \gamma_c} = \frac{190}{0,803 \cdot 7,39 \cdot 1} = 32,01 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} > 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умова не виконується, тому змінюємо перетин куточка на куточок 80Х7, $A = 10,8 \text{ см}^2$.

$$\sigma = \frac{N_{B2}}{\varphi \cdot A \cdot \gamma_c} = \frac{190}{0,803 \cdot 10,8 \cdot 1} = 21,90 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умова стійкості виконується.

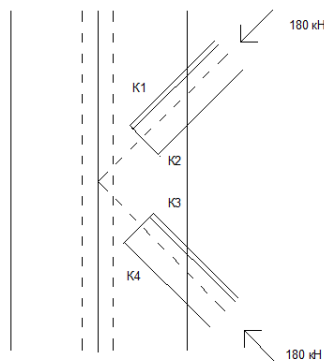


Рисунок 2.22 – До розрахунку швів поєднуваної решітки

Задаємося катетом шва по вимогах ДБН, виходячи з товщини деталей, що з'єднуються.

Визначаємо необхідну довжину швів:

$$l_w^{\text{обушка}} = \frac{0,7 \cdot N}{n \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} = \frac{0,7 \cdot 180}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 180 \cdot 0,85 \cdot 1} + 1 \text{ см} \approx 2,5 \text{ см};$$

$$l_w^{\text{пера}} = \frac{0,3 \cdot N}{n \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} + 1 \text{ см} = \frac{0,3 \cdot 180}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 180 \cdot 0,85 \cdot 1} + 1 \text{ см} \approx 2 \text{ см}.$$

Тому що $l_w^{\min} = 40 \text{ мм}$, те l_w приймаємо рівним 4 см.

Визначаємо момент інерції по осі у-у усього перерізу:

$$\begin{aligned} I_{y-y} &= I_{y-y}^{\text{внеш}} + A^{\text{внеш}} \cdot 47^2 + I_{y-y}^{\text{подкран}} + A^{\text{подкран}} \cdot 53^2 = \\ &= 7881 + 138,72 \cdot 47^2 + 7881 + 138,72 \cdot 53^2 = 711860 \text{ см}^4. \end{aligned}$$

Визначаємо радіус інерції по осі у-у усього переріза:

$$\begin{aligned} i_{y-y} &= \sqrt{\frac{I_{y-y}}{A}} = \sqrt{\frac{711860}{138,72 \cdot 2}} = 50,7 \text{ см}; \\ \lambda_{y-y} &= \frac{1620 \cdot 2}{50,7} = 64. \end{aligned}$$

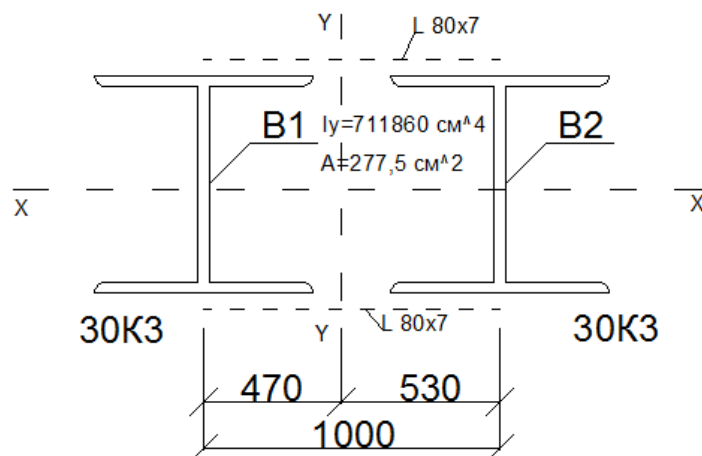


Рисунок 2.23 – Переріз нижньої частини колони з розмірами

Визначаємо приведену гнучкість:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha \cdot \frac{A}{A_1}} = \sqrt{64^2 + \left(10 \cdot \frac{112^3}{100^2 \cdot 50}\right) \cdot \frac{277,5}{2 \cdot 10,8}} = 67;$$

$$\lambda_{ef}^- = \lambda_{ef} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 67 \sqrt{\frac{24}{21000}} = 2,6.$$

За п. 10.3 ДБН В.2.6-198:2014 здійснюємо перевірку для обох гілок:

Для підкранової:

$$m = e * \frac{A*a}{I};$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{1230 * 100}{2250} = 54,7 \text{ см};$$

$$m = e * \frac{A*a}{I} = 54,7 * \frac{277,5*53}{711860} = 1,13.$$

Визначаємо φ_e за табл. Ж4 (ДБН В.2.6-198:2014),: $\varphi_e = 0,48$.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e * A * \gamma_c} = \frac{2250}{0,48 * 277,5 * 1} = 17 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Для зовнішньої:

$$m = e * \frac{A*a}{I};$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{1410 * 100}{2250} = 62,7 \text{ см};$$

$$m = e * \frac{A*a}{I} = 62,7 * \frac{277,5*47}{711860} = 1,15.$$

Визначаємо φ_e за додатком Ж4 (ДБН В.2.6-198:2014): $\varphi_e = 0,442$.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e * A * \gamma_c} = \frac{2250}{0,442 * 277,5 * 1} = 18,3 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < 24 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умови стійкості виконуються.

2.11 Розрахунок траверси

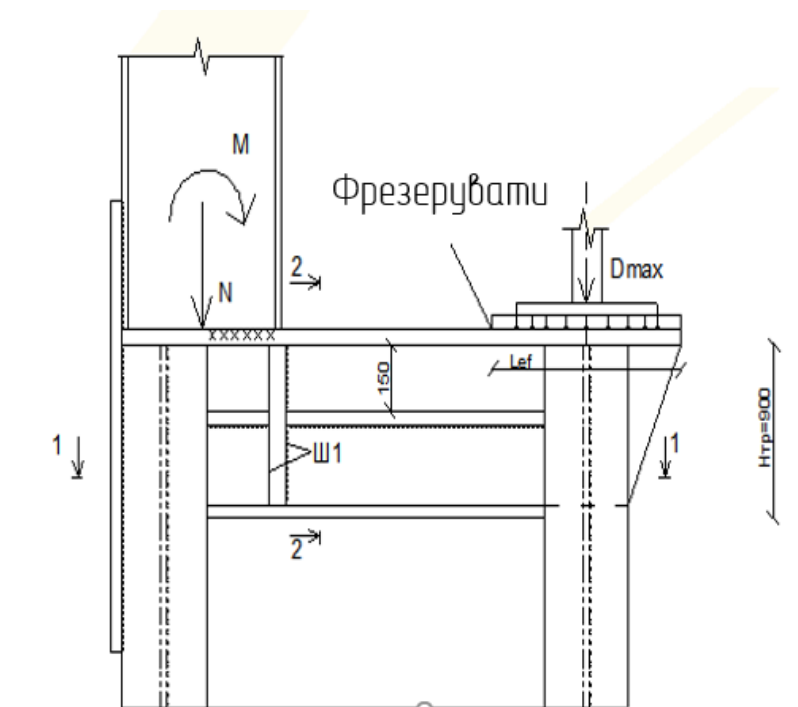


Рисунок. 2.24 - Траверса нижньої частини колони

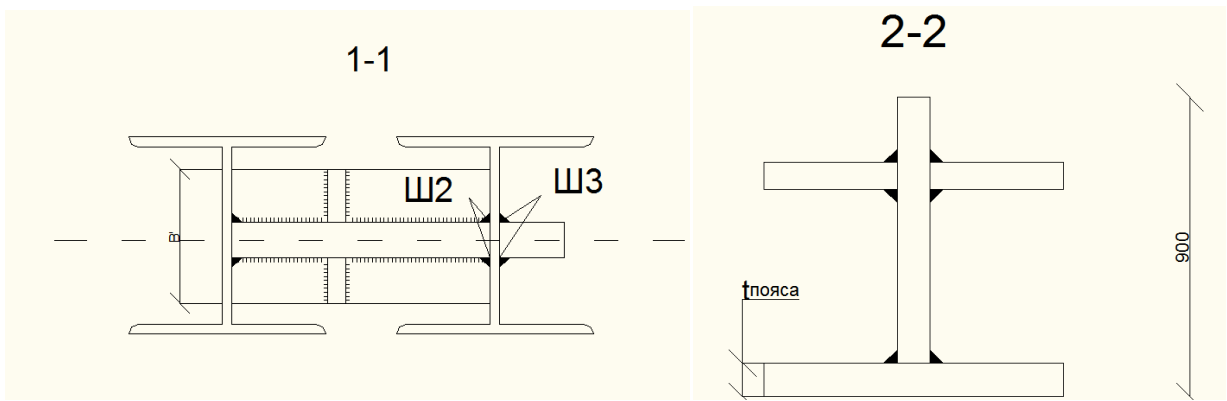


Рисунок 2.25 – Переріз траверси

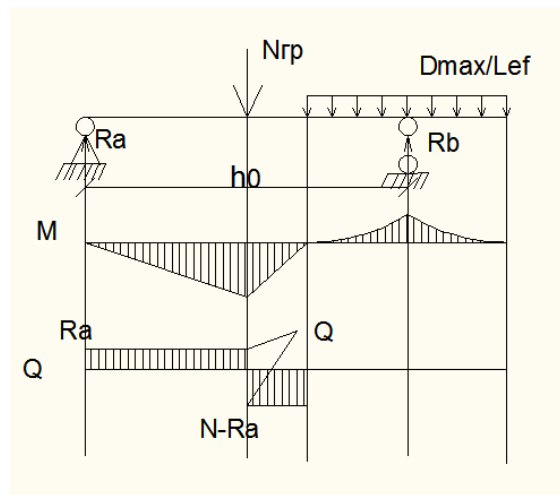


Рисунок 2.26. – Розрахункова схема траверси

Шви Ш1 прикріплюють ребро жорсткості до стінки траверси (Ш1- кутові флангові).

Розрахункова довжина всіх швів траверси:

$$l_p = 85 * \beta_f * k_f;$$

$$k_f = \frac{1}{\beta_f} \sqrt{\frac{N}{n * 85 * R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c}} = \frac{1}{0,7} \sqrt{\frac{2250}{2 * 85 * 180 * 0,85 * 1}} = 0,42.$$

Необхідна товщина траверси встановлюється з умови торцевого зминання:

$$l_{ef} = B_f + 2 * t_{пл} = 250 + 2 * 25 = 300 \text{ мм};$$

$$t_{тр} = \frac{D_{max}}{l_{ef} * R_p} = \frac{1753,125}{0,3 * 370 * 1000} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}.$$

Траверсу розглядається як балка на двох опорах. Шви Ш2 прикріплюють траверсу до підкранової галузей, розраховуються на $(R_b - \frac{D_{max}}{2})$:

$$k_f^{Ш2} = \frac{1}{\beta_f} \sqrt{\frac{R_b - \frac{D_{max}}{2}}{n * 85 * R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c}} = \frac{1}{0,7} \sqrt{\frac{6193 - \frac{1753,125}{2}}{2 * 85 * 180 * 0,85 * 1}} = 0,06 \text{ м} = 60 \text{ мм};$$

$$k_f^{\text{III3}} = \frac{1}{\beta_f} \sqrt{\frac{\frac{D_{\max}}{2}}{n \cdot 85 \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c}} = \frac{1}{0,7} \sqrt{\frac{\frac{1753,125}{2}}{2 \cdot 85 \cdot 180 \cdot 0,85 \cdot 1}} = 0,026 \text{ м} = 26 \text{ мм.}$$

Перевірка стінки колони:

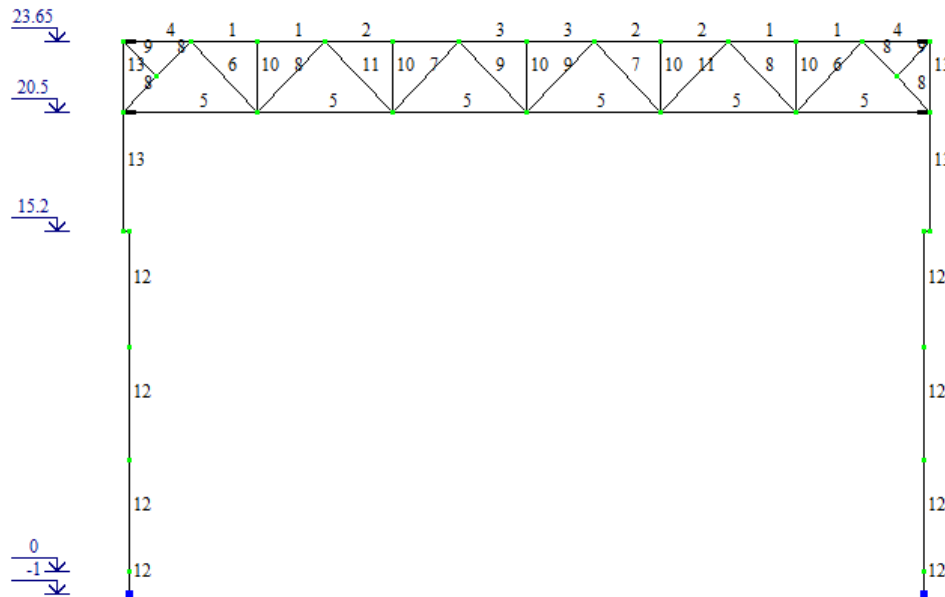
$$\tau = \frac{\frac{D_{\max}}{2}}{n \cdot t_w \cdot h} \leq 0,58 \cdot R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\tau = \frac{\frac{1753}{2}}{2 \cdot 1,75 \cdot 90} = 2,8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq 0,58 \cdot 24 \cdot 1753,92 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

Умова виконується.

Таблиця 2.2 – Результати підбіру перерізів у програмному комплексі ЛІРА-САПР

Розрахункова схема плоскої рами

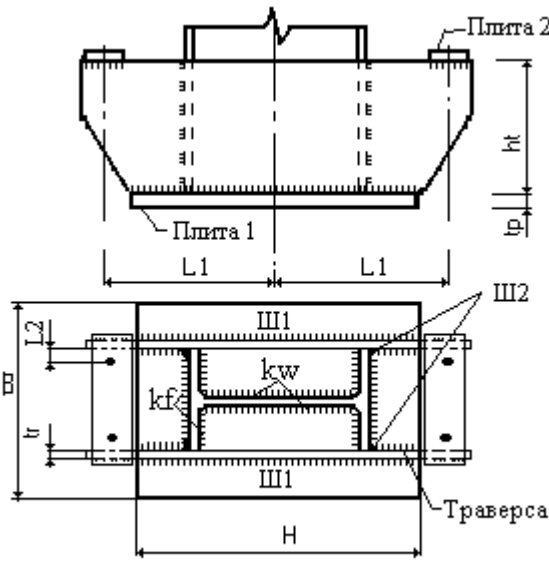


Типи твердостей елементів		Матеріал елементів
1	2L 160 x 160 x 10	Сталь С245
2	2L 200 x 200 x 12	Сталь С245
3	2L 200 x 200 x 13	Сталь С245
4	2L 75 x 75 x 6	Сталь С245
5	2L180 x 180 x 11	Сталь С245
6	2L100 x 100 x 10	Сталь С245
7	2L125 x 125 x 8	Сталь С245
8	2L140 x 140 x 10	Сталь С245
9	2L50 x 50 x 3	Сталь С245
10	2L80 x 80 x 5.5	Сталь С245
11	2L90 x 90 x 6	Сталь С245
12	2I40 K4, 2L80 x 80 x 5.5	Сталь С245
13	2—400 x 20, —700 x 8	Сталь С245

2.12 Розрахунок вузлів

База колони

Розрахунки виконаний за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР

Виконані перевірки	
Найменування	Відсоток використання, %
Плита 1	99.49
Плита 2	96.54
Траверса	96.21
Анкерний болт	97.92
Шов Ш1	80.26
Шов Ш2	57.04
Ескіз вузла	
	

Перевірка: Плита 1

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z , кН	M_z^* , кНм	Q_y , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання плити бази колони:

$$K_{ip} = 6 \cdot M_{4e} / (R_y \cdot (\gamma_c / \gamma_n) \cdot (t_{pl} - 2)^2) \cdot 100 = 6 \cdot 16452.3 / (205 \cdot (1/1) \cdot (24 - 2)^2) \cdot 100 = 99.4896 \%$$

$M_{4e} = 16452.3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ – момент в пластинці яка обперта на чотири канти;

$R_y = 205$ МПа – розрахунковий опір стали поза межею текучості;

$\gamma_c = 1$ – коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_n = 1$ – коефіцієнт надійності по призначенню;

$t_{pl} = 24$ мм – товщина пластини.

Оскільки умова ($b/a \leq 2$) – не задовольняється, то $M_{4e} = \sigma_{max} \cdot a^2/8$,

тобто умова ($492/100 \leq 2$) – не задовольняється, то:

$$M_{4e} = 13.1618 \cdot 100^2/8 = 16452.3 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$\sigma_{max} = 13.1618$ МПа – максимальні напруження в межах пластинки;

$a = 100$ мм – більш коротка сторона ділянки плити;

$b = 492$ мм – більш довга сторона ділянки плити.

Перевірка: Анкерний болт

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z , кН	M_z^* , кНм	Q_y , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання болтів:

$$K_{ib} = |n a| (N_{bt} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |132.423| / (135.24 \cdot 1/1) \cdot 100 = 97.9173\%;$$

$N_{bt} = 132.423$ кН – зусилля у фундаментному болті;

$N_{bt} = 135.24$ кН – розрахункове зусилля в болті на розтяг.

Перевірка: Шов Ш2

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z , кН	M_z^* , кНм	Q_y , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то

$K_{iw} = \tau_f / (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100$, тобто умова ($0.7 \cdot 8 < 1 \cdot 8$) – задовольняється, то

$$K_{iw} = 102.679 / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 57.0438 \%;$$

$\tau_f = 102.679$ МПа – напруження в розрахунковому перерізі метала шва;

$R_{wf} = 180$ МПа – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва;

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

Перевірка: Траверси

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z^* , кН	M_z^* , кНм	Q_y , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання траверси:

$$K_{itr} = |(M_p \cdot 10^3 / W_t)| / (R_y \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |(56.9273 \cdot 10^3 / 246.533)| / (240 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 96.213\%;$$

$M_p = 56.9273$ кНм – максимальний момент в траверсі;

$W_t = 246.533$ см³ – момент опору поперечного переріза траверси;

$R_y = 240$ Мпа – розрахунковий опір стали по плинності.

Перевірка: Шов Ш1

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z^* , кН	M_z^* , кНм	Q_y^* , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то

$K_{iw} = \tau_f / (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100$, тобто умова ($0.7 \cdot 7 < 1 \cdot 7$) – задовільняється, то

$$K_{iw} = 144.476 / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 80.2647 \%;$$

$\tau_f = 144.476$ МПа – напруження в розрахунковому перерізі метала шва;

$R_{wf} = 180$ МПа – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва;

$k_f = 7$ мм – катет зварного шва.

Перевірка: Плита 2

N_x^* , кН	M_y^* , кНм	Q_z , кН	M_z^* , кНм	Q_y , кН
-238.9	178.2	-20.06	0	0

Відсоток використання опорної плити:

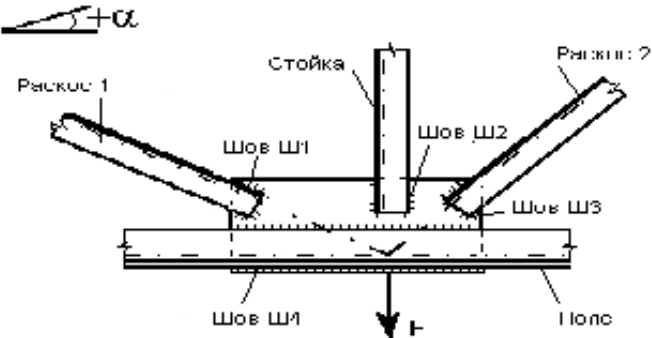
$$K_{pl} = |\sigma| / (R_y \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |197.912| / (205 \cdot 1/1) \cdot 100 = 96.5425 \%;$$

$\sigma = 197.912$ МПа – нормальні напруження;

$R_y = 205$ МПа – розрахунковий опір стали за межею текучості.

Розрахунок вузлів ферми

Нижній центральний вузол ферми

Виконані перевірки	
Найменування	Відсоток використання, %
Шов Ш1	99.56
Шов Ш2	99.45
Шов Ш3	99.56
Шов Ш4	3.27
Ескіз вузла	
	

Перевірка: Шов Ш1

N_{x^*} , кН	M_y , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
116.2	0.2653	0.05402	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($K_{I_{wo}} > K_{I_{wp}}$) задовольняється, то $K_{I_{w1}} = K_{I_{wo}}$,

тобто умова ($99.5617 > 87.6252$) – задовольняється, то

$$K_{I_{w1}} = 99.5617 \% ;$$

$K_{I_{wo}} = 99.5617 \%$] відсоток використання шва по обуху

$K_{I_{wp}} = 87.6252 \%$ – те ж по перу.

Відсоток використання шва по обушкові:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $K_{iwo} = K_{I_{wf}}$,

тобто умова ($0.7 \cdot 4 < 1 \cdot 4$) – задовольняється, то $K_{I_{wo}} = 99.5617\%$;

$K_{I_{wf}} = 99.5617\%$ – відсоток використання шва за металом шва;

$\beta_f = 0.7$ –т, що враховує технологію зварювання;

$k_f = 4$ мм – катет зварного шва;

$\beta_z = 1$ коефіцієнт, що враховує технологію зварювання.

Відсоток використання шва по металу шва:

$K_{I_{wf}} = |\tau_f| \cdot (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |179.211| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 99.5617\%$;

$\tau_f = 179.211$ МПа – напруження в розрахунковому перерізі за металом шва;

$R_{wf} = 180$ МПа – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва;

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

$\gamma_c = 1$ – коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_n = 1$ – коефіцієнт надійності по призначенню;

Напруження в розрахунковому перетині по металу шва:

$\tau_f = \tau_N = 179.211$ МПа;

τ_N – напруження в шві від дії сили N .

$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 85.3045 / (0.7 \cdot 2 \cdot (95 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 179.211$ МПа;

$N_x = 85.3045$ кН – повздовжнє зусилля ;

$l_{w.o} = 95$ мм – довжина шва по обушкові.

Повздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (50 - 13.3) / 50 \cdot 116.219 = 85.3045$ кН;

$H_p = 50$ мм – довжина пера кутика;

$Z_0 = 13.3$ мм – відстань центру ваги;

$N_x = 116.219$ кН – Повздовжнє зусилля у відповідній системі координат:.

Відсоток використання шва по перу:

$K_{I_{wp}} = K_{I_{wf}} = 87.6252\%$.

Відсоток використання шва по металу шва:

$K_{I_{wf}} = |\tau_f| \cdot (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |157.725| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 87.6252\%$;

$\tau_f = 157.725$ МПа – напруження в металі шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 157.725 \text{ МПа.}$$

Напруга у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w,p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 30.9142 / (0.7 \cdot 2 \cdot (45 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 157.725 \text{ МПа;}$$

$N_x = 30.9142 \text{ кН}$ – поздовжнє зусилля у відповідній системі координат;

$l_{w,p} = 45 \text{ мм}$ – довжина шва по перу.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 13.3 / 50 \cdot 116.219 = 30.9142 \text{ кН.}$$

Перевірка: Шов Ш2

N_x^* , кН	M_y , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
-134.1	-2.096e-014	-1.371e-014	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($KI_{wo} > KI_{wp}$) – задовольняється, то $Ki_{w2} = KI_{wo}$,

тобто умова ($99.4475 > 80.2005$) – задовольняється, то

$$Ki_{w2} = 99.4475 \%$$

$Ki_{wo} = 99.4475 \%$ – відсоток використання шва по обушку

$KI_{wp} = 80.2005 \%$ – те ж по перу.

Відсоток використання шва по обушку:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $Ki_{wo} = KI_{wf}$,

тобто умова ($0.7 \cdot 6 < 1 \cdot 6$) – задовольняється, то

$$Ki_{wo} = 99.4475 \%$$

$k_f = 6 \text{ мм}$ – катет сварного шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$$Ki_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |-179.006| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 99.4475\% [11.2*];$$

$\tau_f = -179.006 \text{ МПа}$ – напруження в розрахунковому перерізі за металом шва;

$R_{wf} = 180 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = -179.006 \text{ МПа.}$$

Напруга у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = -97.737 / (0.7 \cdot 2 \cdot (75 - 10) \cdot 6) \cdot 10^3 = -179.06 \text{ МПа;}$$

$N_x = -97.737 \text{ кН}$ – повздовжнє зусилля у відповідній системі координат;

$l_{w.o} = 75 \text{ мм}$ – довжина шва по обушку.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (80 - 21.7) / 80 \cdot (-134.116) = -97.737 \text{ кН;}$$

$H_p = 80 \text{ мм}$ – довжина пера уголка;

$Z_0 = 21.7 \text{ мм}$ – відстань центру ваги;

$N_x = -134.11 \text{ кН}$ Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат.

Відсоток використання шва по перу:

$$K_{iwp} = K_{I_{wf}} = 80.2005 \% [11.2*];$$

$K_{iwf} = 80.2005 \% [11.2*]$ – відсоток використання шва по металу шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$$K_{iwf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |-144.361| / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 80.2005 \% [11.2*];$$

$\tau_f = -144.361 \text{ МПа}$ – напруження в розрахунковому перерізі метала шва

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = -144.361 \text{ МПа.}$$

Напруга у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = -36.379 / (0.7 \cdot 2 \cdot (40 - 10) \cdot 6) \cdot 10^3 = -144.36 \text{ МПа;}$$

$N_x = -36.379 \text{ кН}$ – повздовжнє зусилля у відповідній системі координат.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 21.7 / 80 \cdot (-134.116) = -36.379 \text{ кН;}$$

Перевірка: Шов ШЗ

$N_x^*, \text{ кН}$	$M_y, \text{ кНм}$	$Q_z, \text{ кН}$	$M_z, \text{ кНм}$	$Q_y, \text{ кН}$
116.2	0.2653	-0.05402	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($KI_{wo} > KI_{wp}$) – задовольняється, то $KI_{w3} = KI_{wo}$

тобто умова ($99.5617 > 87.6252$) – задовольняється, то

$$KI_{w3} = 99.5617 \%$$

$KI_{wo} = 99.5617 \%$ – відсоток використання шва по обушку;

$KI_{wp} = 87.6252 \%$ – те ж по перу.

Відсоток використання шва по обушкові:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $KI_{wo} = KI_{wf}$,

тобто умова ($0.7 \cdot 4 < 1 \cdot 4$) – удовлетворяется, то

$$KI_{wo} = 99.5617 \%;$$

$KI_{wf} = 99.5617 \%$ – відсоток використання за металом шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$$KI_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |179.211| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 99.5617\%$$

$\tau_f = 179.211 \text{ МПа}$ – напруження в металі шва.

$R_{wf} = 180 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 179.211 \text{ МПа.}$$

Напруга у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 85.3045 / (0.7 \cdot 2 \cdot (95 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 179.211 \text{ МПа;}$$

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (50 - 13.3) / 50 \cdot 116.219 = 85.3045 \text{ кН;}$$

$H_p = 50 \text{ мм}$ – длина пера уголка;

$Z_0 = 13.3 \text{ мм}$ – відстань центру ваги.

Відсоток використання шва по перу:

$$KI_{wp} = KI_{wf} = 87.6252 \%$$

$KI_{wf} = 87.6252 \%$ [11.2*] – відсоток використання за металом шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$$KI_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |157.725| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 87.6252\% [11.2*];$$

$\tau_f = 157.725 \text{ МПа}$ – напряжение в расчетном сечении по металлу шва; Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 157.725 \text{ МПа.}$$

Напруження в шві від сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 30.9142 / (0.7 \cdot 2 \cdot (45 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 157.725 \text{ МПа.}$$

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 13.3 / 50 \cdot 116.219 = 30.9142 \text{ кН.}$$

Перевірка: Шов Ш4

N_x^* , кН	M_y , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
985.5	1.02	-0.09076	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($KI_{wo} > KI_{wp}$) – задовольняється, то $KI_{w4} = KI_{wo}$,

тобто умова ($3.2738 > 3.22992$) – задовольняється, то

$$KI_{w4} = 3.2738 \%$$

$KI_{wo} = 3.2738 \%$ – відсоток використання шва по обушку;

$KI_{wp} = 3.22992 \%$ – те ж по перу;

Відсоток використання шва по обушкові:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $KI_{wo} = KI_{wf}$

тобто умова ($0.7 \cdot 10 < 1 \cdot 10$) – задовольняється, то

$$KI_{wo} = 3.2738 \%$$

$KI_{wf} = 3.2738 \%$ – відсоток використання за металом шва;

$k_f = 10 \text{ мм}$ – катет зварного шва.

Відсоток використання шва за металом шва:

$$KI_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |5.89284| / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 3.2738\% [11.2*];$$

$\tau_f = 5.89284 \text{ МПа}$ – напруження в розрахунковому перерізі за металом шва

$R_{wf} = 180 \text{ МПа}$ – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 5.89284 \text{ МПа}$$

Напруження в шві від повздовжнього зусилля N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 44.1374 / (0.7 \cdot 2 \cdot (545 - 10) \cdot 10) \cdot 10^3 = 5.892 \text{ МПа.}$$

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (180 - 48.5) / 180 \cdot 60.4162 = 44.1374 \text{ кН;}$$

$H_p = 180$ мм – довжина пера уголка;

$Z_0 = 45.8$ мм – відстань центру ваги.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = ((N_x - N_x)^2 + F^2)^{1/2} = ((985.519 - 1045.94)^2 + 0^2)^{1/2} = 60.4162 \text{ кН};$$

$F = 0$ кН – вузлова зосереджена сила.

Відсоток використання шва по перу:

$$K_{iwp} = K_{I_{wf}} = 3.22992 \%$$

Відсоток використання шва по металу шва:

$$K_{iwf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |5.81386| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 3.22992\% [11.2*];$$

$\tau_f = 5.81386$ МПа – напруження в расчетном сечении по металлу шва. Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 5.81386 \text{ МПа.}$$

Напруження в шві від повздо N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w,p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 16.2788 / (0.7 \cdot 2 \cdot (210 - 10) \cdot 10) \cdot 10^3 = 5.813 \text{ МПа.}$$

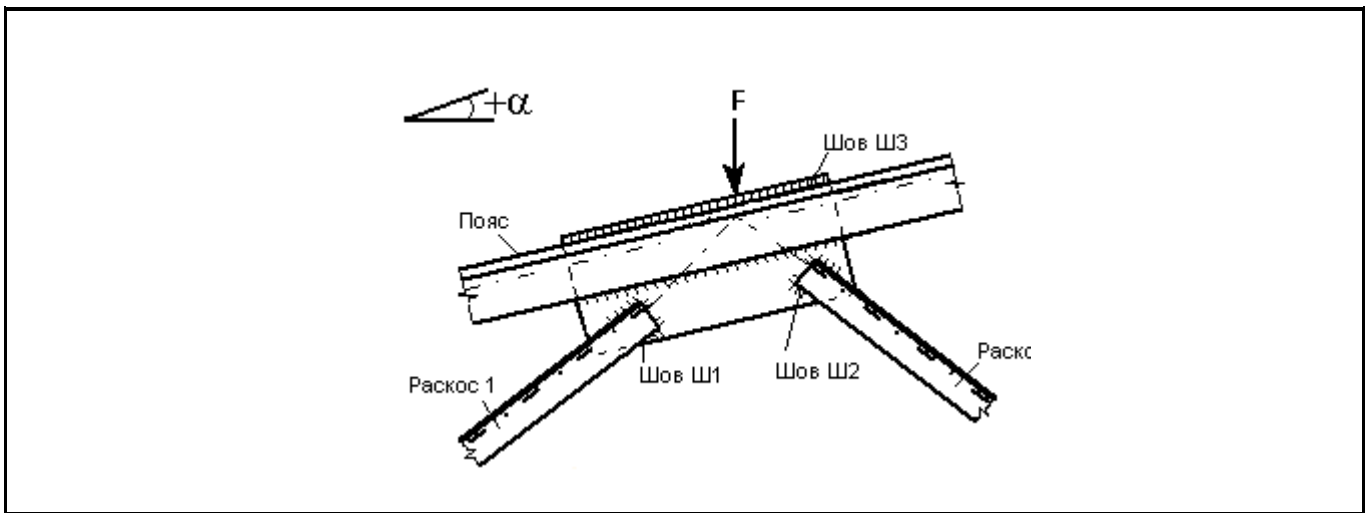
Повздожнє зусилля у відповідній системі координат :

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 48.5 / 180 \cdot 985.519 = 16.2788 \text{ кН};$$

$N_x = 985.519$ кН – поздовжнє зусилля у відповідній системі координат.

Вузол– верхній проміжний вузол найближчий до центрального

Виконані перевірки	
Найменування	Відсоток використання, %
Шов III1	99.56
Шов III2	99.86
Шов III3	16.26
Ескіз вузла	



Перевірка: Шов Ш1

N_x^* , кН	M_y , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
116.2	0.5003	-0.05402	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($KI_{wo} > KI_{wp}$) – задовольняється, то $Ki_{w1} = KI_{wo}$,

тобто умова ($99.5617 > 87.6252$) – задовольняється, то

$Ki_{w1} = 99.5617 \%$

$Ki_{wo} = 99.5617 \%$ – відсоток використання шва по обушку;

$KI_{wp} = 87.6252 \%$ – відсоток використання шва по перу;

Відсоток використання шва по обушку:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $Ki_{wo} = KI_{wf}$

тобто умова ($0.7 \cdot 4 < 1 \cdot 4$) – задовольняється, то $KI_{wo} = 99.5617 \%$ [11.2*];

$Ki_{wf} = 99.5617 \%$ – відсоток використання за металом шва;

$k_f = 4$ мм – катет шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$Ki_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |179.211| / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 99.5617 \%$;

$\tau_f = 179.211$ МПа – напруження у розрахунковому перерізі метала шва;

$R_{wf} = 180$ МПа – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$\tau_f = \tau_N = 179.211$ МПа

Напруження у шві від поздовжньої сили N:

$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 85.3045 / (0.7 \cdot 2 \cdot (95 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 179.211$ МПа;

$N_x = 85.3045 \text{ кН}$ – поздовжнє зусилля у відповідній системі координат;

$l_{w.o} = 95 \text{ мм}$ – довжина шва по обушку.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (50 - 13.3) / 50 \cdot 116.219 = 85.3045 \text{ кН};$$

$H_p = 50 \text{ мм}$ – довжина пера уголка;

$Z_0 = 13.3 \text{ мм}$ – відстань центру ваги;

$N_x = 116.219 \text{ кН}$ – поздовжнє зусилля у відповідній системі координат.

Відсоток використання шва по перу:

$$K_{iwp} = K_{iwf} = 87.6252 \% .$$

Відсоток використання шва по металу шва:

$$K_{iwf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |157.725| / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 87.6252 \% [11.2*];$$

$\tau_f = 157.725 \text{ МПа}$ – напруження в расчётном сечении по металлу шва; Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 157.725 \text{ МПа};$$

Напруження у шві від поздовжньої сили N :

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 30.9142 / (0.7 \cdot 2 \cdot (45 - 10) \cdot 4) \cdot 10^3 = 157.725 \text{ МПа};$$

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 13.3 / 50 \cdot 116.219 = 30.9142 \text{ кН}.$$

Перевірка: Шов Ш2

$N_x^*, \text{ кН}$	$M_y, \text{ кНм}$	$Q_z, \text{ кН}$	$M_z, \text{ кНм}$	$Q_y, \text{ кН}$
-302.9	0.267	0.01634	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($K_{iwo} > K_{iwp}$) – задовольняється, то $K_{iw2} = K_{iwo}$,

тобто умова ($99.8633 > 89.7386$) – задовольняється, то

$$K_{iw2} = 99.8633 \%$$

$K_{iwo} = 99.8633 \%$ – відсоток використання шва по обушку ;

$K_{iwp} = 89.7386 \%$ – відсоток використання шва по перу

Відсоток використання шва по обушку:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $K_{iwo} = K_{iwf}$,

тобто умова ($00.7 \cdot 8 < 1 \cdot 8$) – задовольняється, то

$$K_{iwo} = 99.8633 \%$$

$K_{iwf} = 99.8633 \%$ – відсоток використання за металом шва

$k_f = 8$ мм - катет зварного шва

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = -179.754 \text{ МПа};$$

Напруга у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = -221.45 / (0.7 \cdot 2 \cdot (120 - 10) \cdot 8) \cdot 10^3 = -179.7 \text{ МПа};$$

$l_{w.o} = 120$ мм – довжина шва по обушку.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (125 - 33.6) / 125 \cdot (-302.868) = -221.457 \text{ кН};$$

$H_p = 120$ мм – довжина пера;

$Z_0 = 33.6$ мм – відстань центру ваги.

Відсоток використання шва по перу:

$$K_{iwp} = K_{iwf} = 89.7386 \% [11.2*].$$

Відсоток використання шва по металу шва:

$$K_{iwf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |-161.529| / (180 \cdot 1 \cdot 1 / 1) \cdot 100 = 89.7386\%;$$

$\tau_f = -161.529$ МПа – напруження в розрахунковому перерізі за металом шва

$R_{wf} = 180$ МПа – розрахунковий опір кутових швів зрізу (умовному) по металу шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = -161.529 \text{ МПа}.$$

Напруження у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = -81.411 / (0.7 \cdot 2 \cdot (55 - 10) \cdot 8) \cdot 10^3 = -161.53 \text{ МПа}.$$

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 33.6 / 125 \cdot -302.868 = -81.4108 \text{ кН};$$

$N_x = 50.9813$ кН – поздовжнє зусилля у відповідній системі координат.

Перевірка: Шов ШЗ

N_x^* , кН	M_y , кНм	Q_z , кН	M_z , кНм	Q_y , кН
-965.7	-18.07	38.3	0	0

Відсоток використання шва:

Оскільки умова ($KI_{wo} > KI_{wp}$) – задовольняється, то $KI_{w3} = KI_{wo}$,

тобто умова ($16.262 > 16.0417$) – задовольняється, то

$$KI_{w3} = 16.262 \%$$

Відсоток використання шва по обушкові:

Оскільки умова ($\beta_f \cdot k_f < \beta_z \cdot k_f$) – задовольняється, то $KI_{wo} = KI_{wf}$,

тобто умова ($0.7 \cdot 12 < 1 \cdot 12$) – задовольняється, то

$$KI_{wo} = 16.262 \%$$

$KI_{wf} = 16.262 \%$ – процент використання шва за металом шва;

$k_f = 12$ мм – катет зварного шва.

Відсоток використання шва по металу шва:

$$KI_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |29.2715| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 16.262\%$$

$\tau_f = 29.2715$ МПа – напруження в розрахунковому перерізі метала шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 29.2715 \text{ МПа.}$$

Напруження у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.o} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 211.458 / (0.7 \cdot 2 \cdot (440 - 10) \cdot 12) \cdot 10^3 = 29.27 \text{ МПа;}$$

$l_{w.o} = 440$ мм – довжина шва по обушкові.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = (H_p - Z_0) / H_p \cdot N_x = (200 - 53.7) / 200 \cdot 289.074 = 211.458 \text{ кН;}$$

$H_p = 200$ мм – довжина пера кутика;

$Z_0 = 53.7$ мм – відстань центру ваги.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = ((N_x - N_x)^2 + F^2)^{1/2} = ((-965.721 + 1254.8)^2 + 0^2)^{1/2} = 289.074 \text{ кН.}$$

Відсоток використання шва по перу:

$$KI_{wp} = KI_{wf} = 16.0417 \%$$

Відсоток використання шва по металу шва:

$$KI_{wf} = |\tau_f| (R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c / \gamma_n) \cdot 100 = |28.8751| / (180 \cdot 1 \cdot 1/1) \cdot 100 = 16.0417\%;$$

$\tau_f = 28.8751 \text{ МПа}$ – напруження в розрахунковому перерізі метала шва.

Напруження в розрахунковому перерізі по металу шва:

$$\tau_f = \tau_N = 28.8751 \text{ МПа.}$$

Напруження у шві від поздовжньої сили N:

$$\tau_N = N_x / (\beta_f \cdot 2 \cdot (l_{w.p} - 10) \cdot k_f) \cdot 10^3 = 77.6163 / (0.7 \cdot 2 \cdot (170 - 10) \cdot 12) \cdot 10^3 = 28.87 \text{ МПа;}$$

$l_{w.p} = 170 \text{ мм}$ – довжина шва по перу.

Поздовжнє зусилля у відповідній системі координат:

$$N_x = Z_0 / H_p \cdot N_x = 53.7 / 200 \cdot (-965.721) = -77.6163 \text{ кН.}$$

2.13 Проектування підкранових конструкцій

2.13.1 Визначення розрахункових зусиль

Розглянемо різні варіанти розташування крана на підкрановій балці для визначення найбільш несприятливого навантаження:

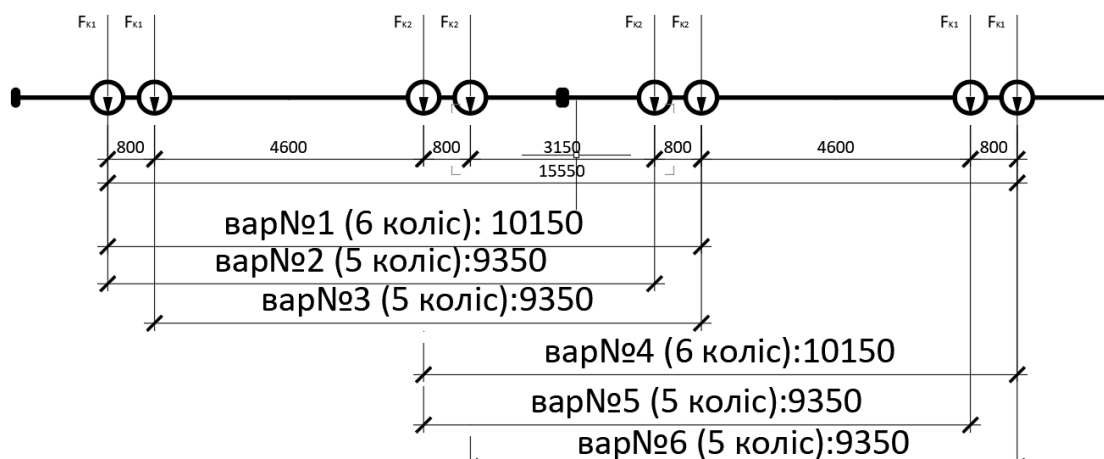


Рисунок 2.27. Варіанти навантаження підкранової балки

Для крана вантажопідйомністю $Q=100 \text{ т}$ беремо такі дані для розрахунку:

Розрахунковий вертикальний тиск коліс крана:

$$F_k = \gamma_n \cdot F_n \cdot \gamma_f \cdot \psi \cdot k_F;$$

де $\gamma_n=0,95$ – коефіцієнт надійності за призначенням;

$\gamma_f=1,1$ – коефіцієнт надійності за навантаженням;

$\psi=0,85$ (з урахуванням 2-х кранів групи режиму роботи 3К) – коефіцієнт поєднання;

$k_F=1,0$ (при кроці колони 12 м та групі режиму роботи 3К) – коефіцієнт динамічності;

$F_{n1}= 410$ кН; $F_{n2} = 450$ кН – характеристичний вертикальний тиск колеса крана

$$F_{k1} = 0,95 \cdot 410\text{кН} \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 364,18 \text{ кН};$$

$$F_{k2} = 0,95 \cdot 450\text{кН} \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,1 = 399,71\text{кН};$$

Результуюча величина вертикальних розрахункових тисків коліс:

$$R = \sum F_{ki} = F_{k1} + 4F_{k2};$$

$$R = 364,18\text{кН} + 4 \cdot 399,71\text{кН} = 1963,02 \text{ кН};$$

Плече рівнодіючої сили:

$$x = \frac{\sum F_{ki} \cdot z_i}{R};$$

$$x = \frac{399,71\text{кН} \cdot (4,6\text{м} + 5,4\text{м} + 8,55\text{м} + 9,35\text{м})}{1963,02\text{кН}} = 5,681 \text{ м};$$

$$c = 5,681\text{м} - 5,400\text{м} = 0,281\text{м};$$

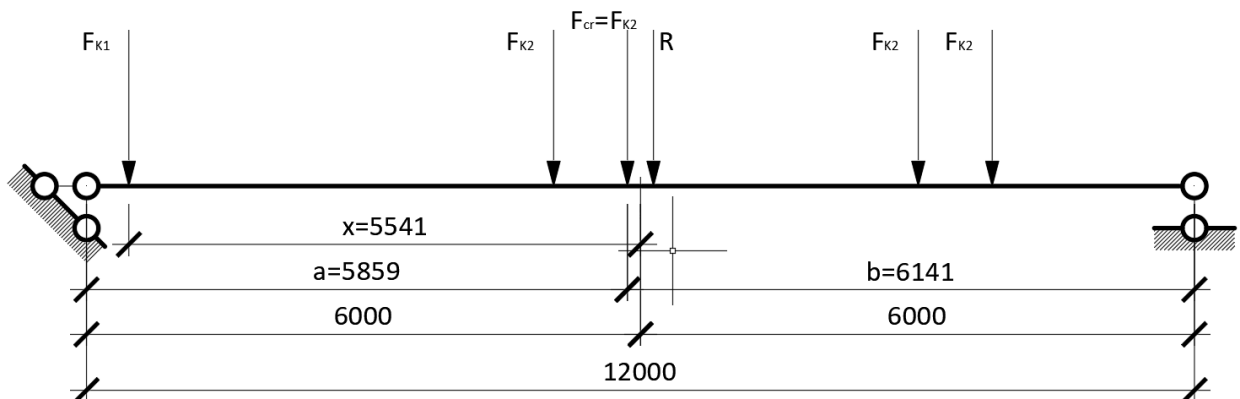


Рисунок 2.28. Розрахункова схема навантаження підкранової балки

Установка буде розрахунковою, якщо колесо, найближче до рівнодіючої, буде критичним навантаженням:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R_a + F_{cr}}{a} &\geq \frac{R_b}{b} \\ \frac{R_a}{a} &\leq \frac{R_b + F_{cr}}{b} \end{aligned} \right\}$$

де a, b – відстань від опор до критичного вантажу;

F_{cr} – критичний вантаж, що підлягає перевірці;

$R_a = 364,18 \text{ кН} + 399,71 \text{ кН} = 763,89 \text{ кН}$ – рівнодіюча сила всіх вантажів, розташованих ліворуч від критичного;

$R_b = 2 \cdot 399,71 \text{ кН} = 799,42 \text{ кН}$ – рівнодіюча сила всіх вантажів, розташованих праворуч від критичного.

$$\begin{cases} \frac{R_a + F_{cr}}{a} = \frac{763,89 + 399,71}{5,859} = 198,583 > \frac{R_b}{b} = \frac{799,42 \text{ кН}}{6,141 \text{ м}} = 130,188; \\ \frac{R_a}{a} = \frac{763,89}{5,859} = 130,368 < \frac{R_b + F_{cr}}{b} = \frac{799,42 + 399,71}{6,141} = 195,282; \end{cases}$$

Умова виконується, отже, прийнята схема навантаження є розрахунковою

Визначаємо ординату лінії впливу згинального моменту для перерізу під критичним навантаженням:

$$y_1 = \frac{a \cdot b}{l} = \frac{5,85 \text{ м} \cdot 6,14 \text{ м}}{12 \text{ м}} = 2,998 \text{ м};$$

Далі будуємо лінію дії згинальних моментів, а решту ординат визначаємо графічно.

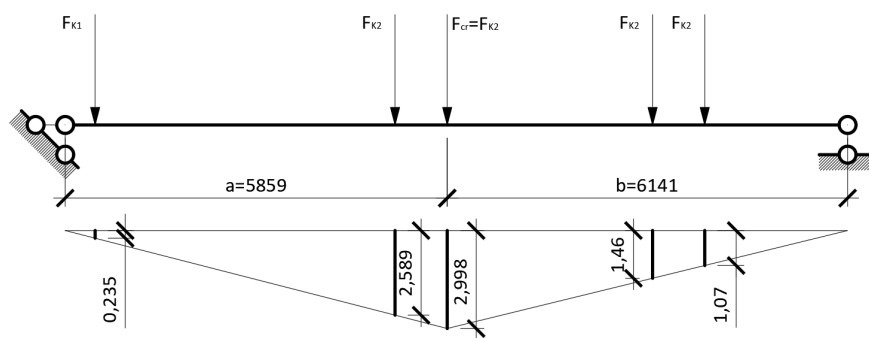


Рисунок 2.29. Лінія впливу згинального моменту

Розрахунковий згинальний момент від вертикального навантаження:

$$M_x = \alpha \cdot \psi \cdot \sum F_{ki} \cdot y_i;$$

$$M[364,18 \text{ кН} \cdot 0,235 + 399,71 \text{ кН} \cdot (2,589 \text{ м} + 2,998 \text{ м} + 1,460 \text{ м} + 1,070 \text{ м})]_x = 3330,03 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Розрахунковий згинальний момент від горизонтального навантаження:

$$M_y = \psi \sum T_{ki} y_i;$$

Тут T_{ki} — розрахунковий горизонтальний тиск коліс крана;

Характеристичний горизонтальний тиск коліс крана:

$$T_n = f \frac{Q + G_T}{n_0};$$

де $Q = 1000 \text{ кН}$ – вантажопідйомність крану

$G_T = 410 \text{ кН}$ – вага тележки крана;

$n_0 = 4$ – кількість коліс з однієї сторони крана;

$f = 0,05$ (для кранів із гнучким підвісом) – коефіцієнт тертя.

$$T_n = 0,05 \cdot \frac{1000\text{кН} + 410\text{кН}}{4} = 17,62 \text{ кН};$$

Розрахунковий горизонтальний тиск коліс крану:

$$T_k = \gamma_n \cdot T_n \cdot \gamma_f \cdot \psi \cdot k_T = 0,95 \cdot 17,62\text{кН} \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 15,65\text{кН};$$

$$M_y = 0,85 \cdot 15,65\text{кН} \cdot (0,235 + 2,589 + 2,998 + 1,460 + 1,070) = 111,14 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Найбільша поперечна сила $Q_{\max}$ у розрізній балці буде при такому розташуванні навантаження, коли одна з сил знаходиться безпосередньо біля опори, а решта розташовані якомога ближче до цієї ж опори.

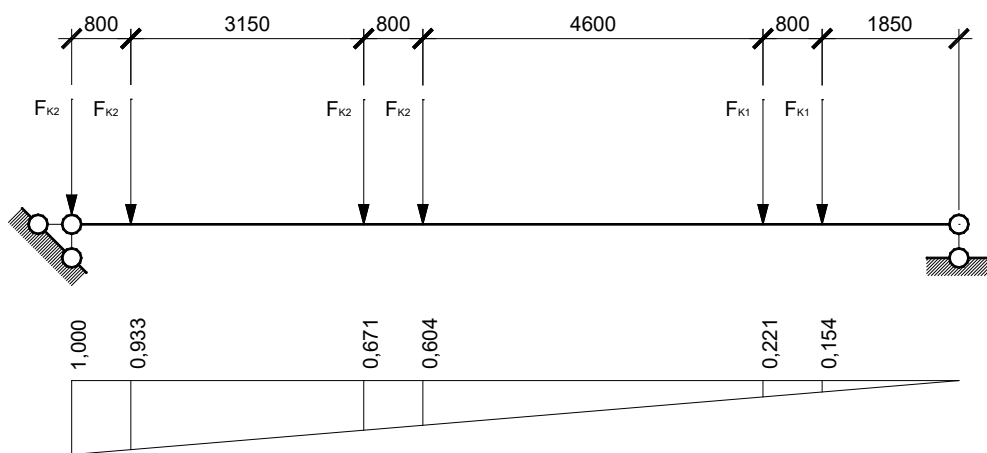


Рисунок 2.30 -Лінія впливу перерізуючої сили

Максимальная поперечная перерезывающая сила от вертикальных нагрузок:

$$Q \sum F_{ki} y_i$$

$$\cdot [399,71\text{кН} \cdot (1 + 0,933 + 0,671 + 0,604) + 364,18 \cdot (0,221 + 0,154)]$$

$$= 1266,31\text{кН};$$

де $\alpha = 1,05$ (для балки $l = 12$ м) – коефіцієнт, що враховує вагу підкранової балки та корисне навантаження від гальмівної балки.

2.13.2 Підбір перерізу підкранових конструкцій

Спочатку підберемо переріз підкранової балки. Необхідний момент опору перерізу підкранової балки:

$$W_{nx}^{тр} = \frac{M_x}{R_y \gamma_c} \cdot \beta = \frac{3330,03 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{30 \text{ кН/см}^2} \cdot 1,080 = 11988 \text{ см}^3;$$

де β – коефіцієнт, що враховує вигин конструкції у 2-х площинах;

$\gamma_c = 1$ – коефіцієнт умов експлуатації конструкції;

$R_y = 30 \text{ кН/см}^2$ – для сталі С345, для листового універсального прокату товщиною 20–40 мм.

$$\beta = 1 + 2 \frac{M_y}{M_x} \cdot \frac{h'_6}{h_T} = 1 + 2 \frac{111,14 \text{ кН} \cdot \text{м}}{3330,03 \text{ кН} \cdot \text{м}} \cdot \frac{1,5 \text{ м}}{1,25 \text{ м}} = 1,080;$$

де $h'_6 = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}\right) l_{пб} = \frac{1}{8} \cdot 12 \text{ м} = 1,5 \text{ м}$ – попередня висота підкранової балки;

$h_T = 1250 \text{ мм}$ – Ширина гальмівної конструкції попередньо приймається рівною ширині нижньої частини колони h_n . Мінімальна висота підкранової балки:

$$h_{\min} = \frac{5}{24} \cdot \frac{R_y \gamma_c l}{\beta \cdot E \left(\frac{f}{1}\right)_u} \cdot \frac{M_n}{M_x};$$

$E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль пружності прокатної сталі;

$l = 12 \text{ м}$ – довжина підкранової балки;

$\left(\frac{f}{1}\right)_u = \frac{1}{400}$ (для кранов групи режиму 3К) – граничний відносний прогин

підкранової балки; M_n – характеристичне значення згинального моменту від навантаження на балку одним краном. Визначаємо M_n аналогічно до M_x :

$$R = 2F_{n1} + 2F_{n2} = 2 \cdot 410 \text{ кН} + 2 \cdot 450 \text{ кН} = 1720 \text{ кН};$$

$$x = \frac{410 \text{ кН} \cdot 0,8 \text{ м} + 450 \text{ кН} \cdot (5,4 \text{ м} + 6,2 \text{ м})}{1720 \text{ кН}} = 3,226 \text{ м};$$

$$c = 5,4 \text{ м} - 3,226 \text{ м} = 2,174 \text{ м};$$

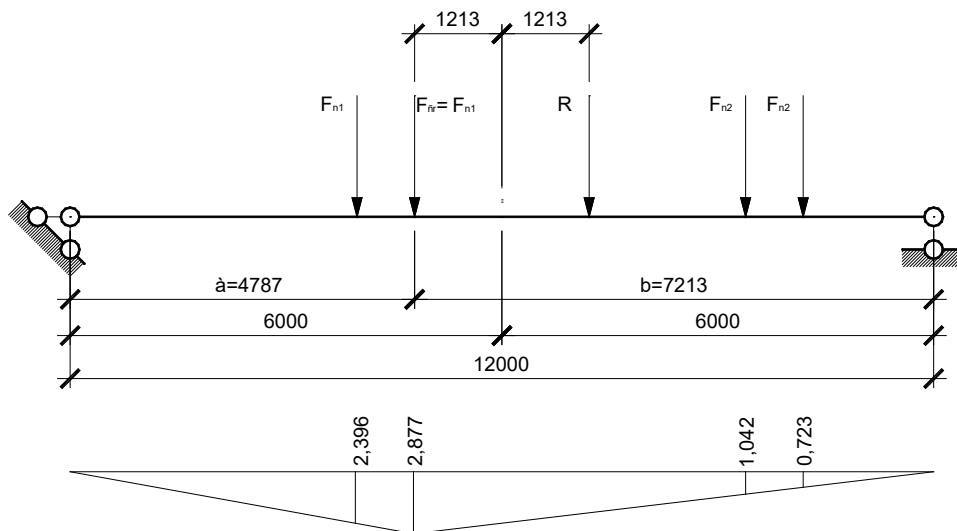


Рисунок 2.31 - Розрахункова схема навантаження підкранової балки нормативним вертикальним навантаженням

Визначаємо ординату лінії впливу згинального моменту для перерізу під критичним навантаженням:

$$y_1 = \frac{a \cdot b}{l} = \frac{4,787\text{м} \cdot 7,213\text{м}}{12\text{м}} = 2,877\text{м};$$

Далі будуємо лінію дії згинальних моментів, а решту ординат визначаємо графічно.

$$M_n = \gamma_n \sum F_{ni} y_i =$$

$$= 0,95 \cdot [410\text{кН} \cdot (2,396\text{м} + 2,877\text{м}) + 450\text{кН} \cdot (1,042\text{м} + 0,723\text{м})] = 2808,37\text{кН} \cdot \text{м};$$

Мінімальна висота підкранової балки:

$$h = \frac{5}{24} \frac{30\text{кН/см}^2 \cdot 1 \cdot 1200\text{см} \cdot 400}{1,080 \cdot 2,06 \cdot 10^4\text{кН/см}^2} \frac{2808,37\text{кН} \cdot \text{м}}{3330,03\text{кН} \cdot \text{м}_{min}}$$

Оптимальна висота підкранової балки:

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \lambda_w W_{nx}^{TP}};$$

де $\lambda_w = 120$ – гнучкість стінки (прийнята попередньо).

$$h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot 120 \cdot 11988\text{см}^3} = 129,22 \text{ см}; \Rightarrow \text{приймаємо висоту підкранової балки}$$

$h = 130$ см, що перевищує $h_{\min} = 95,63$ см.

Визначаємо товщину стінки підкранової балки на основі 2-х умов:

1) Умова на зріз: $t_w \geq \frac{3}{2} \frac{Q_x}{h_w R_s \gamma_c} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1266,75 \text{ кН}}{126 \text{ см} \cdot 17,4 \text{ кН/см}^2 \cdot 1} = 0,87 \text{ см};$

де $R_s = 0,58 R_y = 0,58 \cdot 30 \text{ кН/см}^2 = 17,4 \text{ кН/см}^2;$

$h_w = h - 2t_f = 130 \text{ см} - 2 \cdot 2 \text{ см} = 126 \text{ см}$ – висота стінки підкранової балки;

$t_f = 2$ см – товщина поясів підкранової балки (прийнята попередньо).

2) Умова локальної стійкості без поздовжніх ребер:

$$t_w \geq \frac{h_w}{5,5} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{125 \text{ см}}{5,5} \sqrt{\frac{17,4 \text{ кН/см}^2}{2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2}} = 0,87 \text{ см};$$

Прийmemo товщину стінки підкранової балки $t_w = 1$ см.

Необхідний момент інерції підкранової балки:

$$I_x^{\text{тр}} = \frac{W_{nx}^{\text{тр}} h}{2} = \frac{11988 \text{ см}^3 \cdot 130 \text{ см}}{2} = 779.220 \text{ см}^4;$$

Проектуємо пояси підкранової балки.

Необхідний момент інерції двох поясів підкранової балки:

$$I_f^{\text{тр}} = I_x^{\text{тр}} - \frac{t_w h_w^3}{12} = 779.220 \text{ см}^4 - \frac{1 \text{ см} \cdot 130^3 \text{ см}^3}{12} = 596.137 \text{ см}^4;$$

Необхідна площа поясу підкранової балки:

$$A_f^{\text{тр}} = \frac{2I_f^{\text{тр}}}{h_f^2} = \frac{2 \cdot 596.137 \text{ см}^4}{128^2 \text{ см}^2} = 72,77 \text{ см}^2;$$

$$h_f = 130 \text{ см} - 2 \text{ см} = 128 \text{ см}.$$

Прийmemo товщину поясу підкранової балки $t_f = 2$ см.

Тоді необхідна ширина поясу підкранової балки:

$$b_f^{\text{тр}} = \frac{A_f^{\text{тр}}}{t_f} = \frac{72,77 \text{ см}^2}{2 \text{ см}} = 36,38 \text{ см};$$

Прийmemo ширину поясів підкранової балки $b_f = 40$ см.

Перевірка умови локальної стійкості стиснутого поясу:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} = \frac{(40\text{см} - 1\text{см})/2}{2\text{см}} = 9,75 \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 0,5 \sqrt{\frac{2,06 \cdot 10^4 \text{кН/см}^2}{30 \text{кН/см}^2}} = 13,10;$$

Умова виконується.

Проводимо компонування всього перерізу підкранової конструкції з урахуванням гальмівної балки та визначаємо положення центру ваги підкранової конструкції. Використовуємо гальмівну балку зі швелера № 30 та рифленого листа товщиною $t_{рл} = 8$ мм. Ширина рифленого листа:

$$B_{рл} = h_n - \Delta_2 - K - b_{дв} + \Delta_4 = 125\text{см} - 3\text{см} - 16\text{см} - 10\text{см} + 4\text{см} = 100\text{см}; K = \frac{b_f}{2} - \Delta_3 = \frac{40\text{см}}{2} - 4\text{см} = 16\text{см};$$

$$X_{шв} = h_n - \Delta_2 - z_o = 125\text{см} - 3\text{см} - 2,52\text{см} = 119,48\text{см};$$

$$X_{рл} = \frac{B_{рл}}{2} + K = \frac{100}{2} + 16 = 66\text{см};$$

Згідно з нормами, вертикальні навантаження сприймає лише підкранова балка, тому вісь X пролягатиме через центр ваги підкранової балки. Горизонтальні навантаження сприймає тільки гальмівна балка, яка складається з трьох елементів: верхнього поясу, рифленого листа та опорного швелера. Знаходимо центр ваги підкранової конструкції:

$$X_{цт} = \frac{\sum S_i y_o}{\sum A_i} = \frac{100 \cdot 0,8 \cdot 66 + 40,5 \cdot 119,48 + 40 \cdot 20 \cdot 0}{100 \cdot 0,8 + 40,5 + 40 \cdot 2} = 50,47\text{см};$$

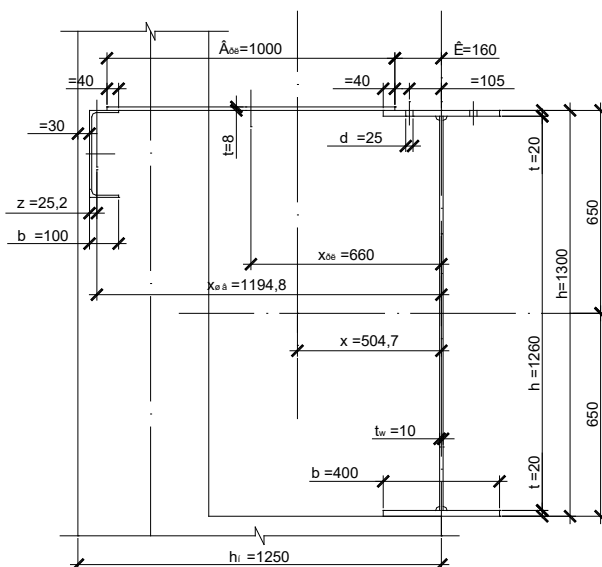


Рисунок 2.32 Компоування поперечного перерізу підкранової конструкції

Визначимо геометричні характеристики скомпонованого перерізу. Відносно осі X визначаємо лише характеристики підкранової балки.

$$I_x = \frac{1 \cdot 126^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{40 \cdot 2^3}{12} + 40 \cdot 2 \cdot \left(\frac{128}{2} \right)^2 \right] = 822.111 \text{ см}^4;$$

$$I_{xn} = 822.111 - 2 \cdot 2,5 \cdot 2 \cdot \left(\frac{128}{2} \right)^2 = 781.151 \text{ см}^4;$$

Відносно осі Y визначаємо характеристики гальмівної балки:

$$I_y = \frac{t_f b_f^3}{12} + t_f b_f X_{цт}^2 + \frac{t_{рл} b_{рл}^3}{12} + t_{рл} b_{рл} (X_{рл} - X_{цт})^2 + I_{хшв} + A_{хшв} (X_{шв} - X_{цт})^2;$$

$$I_y = \frac{2 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot 40 \cdot 50,47^2 + \frac{0,8 \cdot 100^3}{12} + 0,8 \cdot 100 \cdot (66 - 50,47)^2 + 327 + 40,5 \cdot (119,48 - 83,975) 50,47^2 = 493.609 \text{ см}^4$$

$$I_{yn} = I_y - d_{отв} t_f \left[(X_{цт} - \Delta_1)^2 + (X_{цт} + \Delta_1)^2 \right];$$

$$I_{yn} = 493.609 - 2,5 \cdot 2 \cdot [(50,47 - 12)^2 + (50,47 + 12)^2] = 466.697 \text{ см}^4;$$

2.13.3 Перевірка міцності та жорсткості підкранових конструкцій

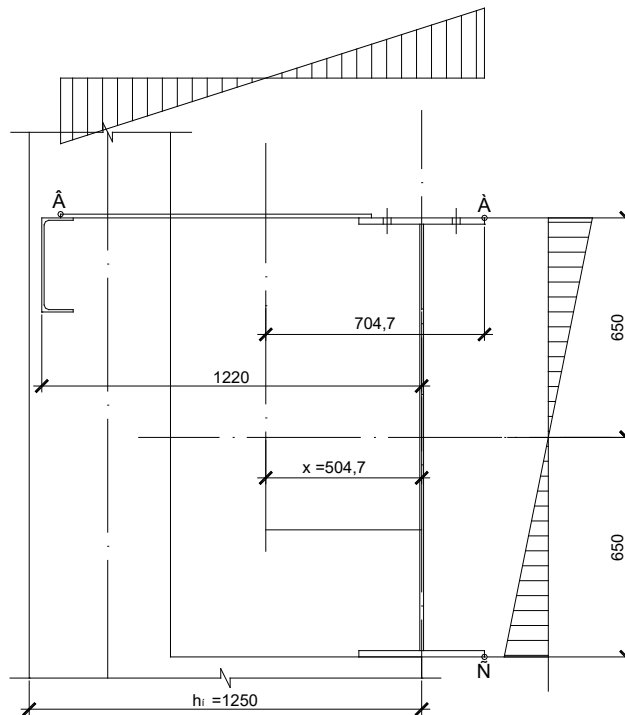


Рисунок 2.32. Епюра нормальних напружень у підкрановій конструкції

Верхній пояс працює одночасно на згин у вертикальній і горизонтальній площині, тому міцність у точці А за нормальними напруженнями:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{W_{xn}^A} + \frac{M_y}{W_{yn}^A} \leq R_y \gamma_c;$$

$$W_{xn}^A = \frac{I_{xn}}{y_A} = \frac{781.151 \text{ см}^4}{65 \text{ см}} = 12017 \text{ см}^3;$$

$$W_{yn}^A = \frac{I_{yn}}{x_A} = \frac{466.697 \text{ см}^4}{70,47 \text{ см}} = 6623 \text{ см}^3;$$

$$\sigma_A = \frac{3330,03 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{12017 \text{ см}^3} + \frac{111,14 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{6623 \text{ см}^3} = 29,4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq R_y \gamma_c = 30 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$W_{xn}^C = \frac{I_{xn}}{y_C} = \frac{781.151 \text{ см}^4}{65 \text{ см}} = 12018 \text{ см}^3;$$

$$\sigma_C = \frac{3330,03 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{12018 \text{ см}^3} = 27,7 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq R_y \gamma_c = 30 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

Далі перевіряємо зовнішній пояс гальмівної балки в точці В.

Гальмівна балка сприймає такі навантаження:

1) Тимчасове корисне навантаження:

$$q_{тим} = \gamma_f P_{0n};$$

де $\gamma_f = 1,2$ – коефіцієнт надійності за навантаженням

$P_{0n} = 2 \text{ кН/м}^2$ – характеристичне тимчасове навантаження, що визначається технологіями

$$q_{вр} = 1,2 \cdot 2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 2,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2};$$

2) Навантаження від власної ваги настилу:

$$q_{наст} = \gamma_f \cdot g_{наст} = 1,05 \cdot 78,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \cdot 0,008 \text{ м} = 0,66 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2};$$

3) Навантаження від власної ваги швелера:

$$q_{шв} = 1,05 g_{шв} = 1,05 \cdot 0,318 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = 0,334 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

Розрахункове навантаження на швелер визначаємо як реакцію на ліву опору умовної розрахункової схеми:

$$R_A = \frac{q_{\text{вп}} b_{\text{вп}} \left(\frac{b_{\text{вп}}}{2} + 0,475 \right) + q_{\text{наст}} B_{\text{пл}} \left(K + \frac{B_{\text{пл}}}{2} \right) + q_{\text{шв}} (x - z_0)}{x};$$

$$R_A = q_{\text{шв}} = \frac{2,4 \cdot 0,745 \left(\frac{0,745}{2} + 0,475 \right) + 0,66 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot (0,16 + 0,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3})}{1,22} +$$

$$+ \frac{+0,334 \cdot (1,22 - 0,0252)}{1,22} = 1,57 \text{ кН/м};$$

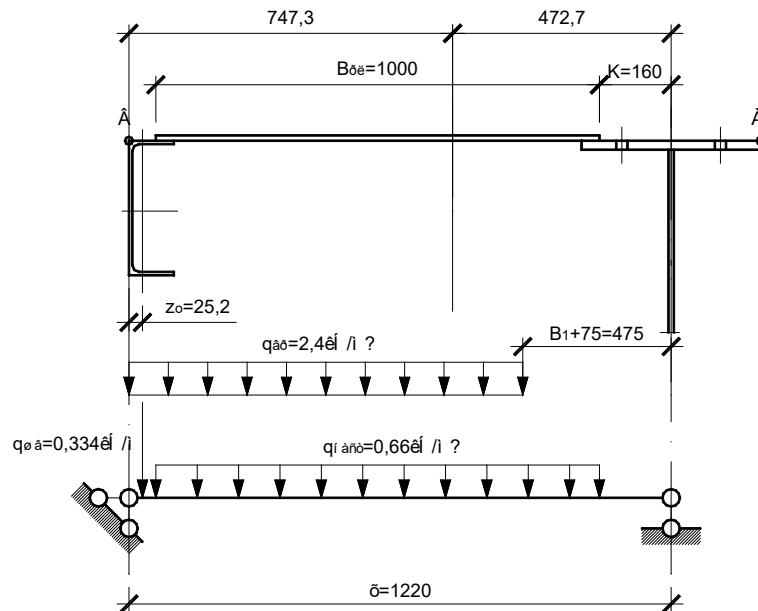


Рисунок 2.34. Вертикальні навантаження на гальмівну балку

Визначимо згинальний момент у швелері:

$$M_{\text{шв}} = \frac{q^* l_{\text{шв}}^2}{8} = \frac{1,57 \text{ кН/м} \cdot 12^2 \text{ м}^2}{8} = 28,26 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Перевіримо міцність швелера за нормальними напруженнями у точці В:

$$\sigma_B = \frac{M_{\text{шв}}}{W_{\text{шв}}} + \frac{M_y}{W_{\text{шв}}} = \frac{28,26 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{387 \text{ см}^3} + \frac{111,14 \cdot 100 \text{ кН} \cdot \text{см}}{6245 \text{ см}^3} = 8,31 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq R_y \gamma_c$$

$$= 30 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$W_{\text{шв}}^B = \frac{I_{\text{шв}}}{x_B} = \frac{466,697 \text{ см}^4}{74,73 \text{ см}} = 6245 \text{ см}^3;$$

Перевіримо жорсткість швелера (за експлуатаційним навантаженнями):

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \frac{q_n^* \cdot l_{\text{шв}}^2}{E J_{\text{шв}}} \leq \left(\frac{f}{l} \right)_u;$$

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \frac{0,01308 \cdot 1200^3}{2,06 \cdot 10^4 \cdot 5810} = \frac{1}{406} < \left(\frac{f}{l}\right)_u = \frac{1}{250};$$

$$\text{де } q_n^* = \frac{q^*}{1,2} = \frac{1,57}{1,2} = 1,308 \text{ кН/м.}$$

Перевіримо міцність підкранової балки на опорі за дотичними напруженнями:

$$\tau = \frac{Q_x S_x}{I_x t_w} = \frac{1266,31 \text{ кН} \cdot 7104 \text{ см}^3}{822,111 \text{ см}^4 \cdot 1 \text{ см}} = 10,94 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \leq R_s \gamma_c = 0,58 \cdot 30 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 17,4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

де $S_x = 2 \cdot 40 \cdot \frac{128}{2} + 1 \cdot \frac{126}{2} \cdot \frac{126}{4} = 7104 \text{ см}^3$ - статичний момент напівперерізу балки.

Перевіримо міцність стінки підкранової балки за місцевими напруженнями від тиску коліс крана:

$$\sigma_{\text{loc}} = \frac{\gamma_{f1} \cdot F'_k}{t_w l_{ef}} \leq R_y \gamma_c;$$

де $\gamma_{f1}=1,1$ – додатковий коефіцієнт надійності за навантаженням;

F'_k – розрахунковий вертикальний тиск колеса крана без урахування коефіцієнта динамічності;

$$F'_k = F f_n \text{ кН};_{nmax}$$

де $\gamma_n = 0,95$ – коефіцієнт надійності за призначенням

$\gamma_f = 1,1$ – коефіцієнт надійності за навантаженням

$F_{n,max} = 450 \text{ кН}$ – характеристичний тиск колеса крана

$$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{f1}}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{4950,46}{1}} = 55,39 \text{ см} - \text{умовна довжина розподілення тиску}$$

під колесом крана

де $c=3,25$ – коефіцієнт для зварних балок

I_{f1} – сума власних моментів інерції верхнього поясу балки та кранової рейки:

$$I_{f1} = I_f + I_p = \frac{b_f t_f^3}{12} + I_p = \frac{40 \cdot 2^3}{12} + 4923,79 = 4950,46 \text{ см}^4;$$

де

$I_p = 4923,79 \text{ см}^4$ – момент інерції кранової рейки КР-120.

$$\sigma_{loc} = \frac{1,1 \cdot 470,25 \text{ кН}}{1 \text{ см} \cdot 55,39 \text{ см}} = 9,34 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < R_y \gamma_c = 23 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} - \text{умова виконується}$$

Перевірка жорсткості підкранової балки від дії одного крана

$$\left(\frac{f}{l}\right) = \frac{M_n l}{10 E I_x} \leq \left(\frac{f}{l}\right)_u = \frac{1}{400};$$

где $M_n = 280837,1 \text{ кН} \cdot \text{см}$ – значення згинального моменту від дії експлуатаційних навантажень

$$\left(\frac{f}{l}\right)_u = \frac{1}{400} - \text{для режиму роботи 1К} \div 6\text{К}.$$

$$\left(\frac{f}{l}\right) = \frac{280.837,1 \cdot 1200}{10 \cdot 20.600 \cdot 822.111} = \frac{1}{502} < \left(\frac{f}{l}\right)_u = \frac{1}{400} - \text{умова виконується}$$

2.13.4 Розрахунок поясних швів

Поясні шви, за допомогою яких верхній пояс кріпиться до стінки, сприймають одночасно зсувні зусилля від вигину балки та зосереджені зусилля від тиску коліс крана. Зварювання — автоматичне під шаром флюсу. Дріт Св-10НМА.

$$R_{wf} = 240 \text{ МПа}; R_{wz} = 0,45 \cdot 460 = 207 \text{ МПа};$$

$\beta_f = 0,9$; $\beta_z = 1,05$ - коефіцієнти, учитывающие глубину провара;

$$\beta_f R_{wf} = 0,9 \cdot 240 \text{ МПа} = 216 \text{ МПа} < \beta_z R_{wz} = 1,05 \cdot 207 \text{ МПа} = 217,4 \text{ МПа}.$$

$$S_f = b_f t_f \frac{h_f}{2} = 40 \cdot 2 \cdot \frac{128}{2} = 5120 \text{ см}^3.$$

$$k_f \geq \frac{1}{2 \cdot \beta_f R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} \cdot \sqrt{\left(\frac{Q_x S_f}{I_x}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{fl} F'_k}{l_{ef}}\right)^2};$$

$$k_f = \frac{1}{2 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt{\left(\frac{1266,31 \cdot 5120}{822.111}\right)^2 + \left(\frac{1 \cdot 470,25}{55,39}\right)^2} = 0,27 \text{ см}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо $k_f = 6 \text{ мм}$.

Нижній пояс сприймає зсувне зусилля:

$$k_f \geq \frac{Q_x S_f}{2 \cdot I_x \cdot \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c} = \frac{1266,31 \cdot 5120}{2 \cdot 822111 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 1} = 0,18 \text{ см};$$

Остаточно $k_f = 6 \text{ мм}$.

Технологічні рішення та організація будівництва

3.1 Монтаж конструкцій основного комплексу

Монтаж конструкцій ведеться послідовним методом – коли в кожний окремий момент часу виконується тільки одна робота, а весь комплекс становить ряд взаємозалежних робіт. Перевага цього методу полягає в тому, що на будівельному майданчику не виникає великої одноразової потреби в трудових, матеріальних і фінансових ресурсах. Недолік цього методу полягає в подовженні загального строку будівництва в порівнянні з паралельним і потоковим методами. Крім того, при виконанні окремих будівельних процесів у бригаді робітників з'являються змушені перерви в роботі.

3.1.1 Монтаж колон

До початку монтажу колон перевіряють правильність установки фундаментів і анкерних болтів, вивірючи їх геодезичними інструментами. Фактичне положення фундаментів і анкерних болтів наносять на виконавчому кресленні й порівнюють із проектом. До монтажу на нижній опорний аркуш черевика колони наносять настановні осі. Потім до колони в місцях примикання балок, кроквяних і підкроквяних ферм прикріплюють інвентарні металеві підмості опорні дерев'яні бруси (так звані пальці) для пристрою на них дерев'яного риштування, а також сходи. Потім колони стропують (як правило, під консоль), піднімають і встановлюють у проектне положення. Підняту колону наводять на анкерні болти, обпирають на фундамент і закріплюють до фундаменту анкерними болтами. Змонтовану колону до її розстроповки необхідно встановити по отвесу, закріпити анкерними болтами й розчалити уздовж ряду. Розчалювання прикріплюють до фундаментів сусідніх колон і знімають їх після надійного закріплення останніх. Потім на колонах улаштовують підмості в місцях примикання підкроквяних, кроквяних ферм і балок.

При установці колон на фундаменти їх вивірюють, сполучаючи ризики на опорній плиті колони з ризиками на фундаментах. Вертикальність колон перевіряють отвесом або теодолітом. Остаточну висоту колон вивірюють по положенню консолей, для нього останні нівелюють.

Вивірені колони закріплюють анкерними болтами. Чотири анкерні болти забезпечують стійкість колони.

3.1.2 Монтаж підкранових балок

Балку від землі до її проектного положення піднімають у два приймання. Піднявши балку на 10-15 див від землі, перевіряють правильність і надійність стропування, після чого продовжують підйом і у висячому положенні опускають на опору. При монтажі підкранових балок найбільш складною операцією є їхня вивірка, тому що потрібна висока точність установки, необхідної для роботи мостових кранів. Положення підкранових балок по висоті вивіряють нівеліром. Відстань між осями підкранових колій визначають сталеву рулеткою. Після вивірки, остаточної установки й закріплення підкранових балок приступають до укладання підкранових рейок.

3.1.3 Монтаж кроквяних ферм

Коли ферми монтують по одній, починають із їхньої підготовки до підйому, що полягає в основному з складання ферм, а також навішення деталей і гаків для пристрою риштування.

Ферми прольотом до 24 м звичайно в посиленні не мають потреби, а ферми більших прольотів потрібно підсилювати. Необхідність посилення ферм при підйомі й кантуванню викликається тим, що у ферми при цьому нижній пояс розтягується, а верхній стискується, тому що ферму підвішують до гака крана у двох місцях, за вузли верхнього поясу, що може викликати вигин або перелом її. Щоб уникнути цього, ферму підсилюють дерев'яними колодами й пластинами.

Закінчивши посилення, приступають до стропування й підйому ферми. Після того як ферма буде піднята у вертикальне положення, до неї прикріплюють деталі для пристрою риштування — гаки із круглої сталі, скоби й бруси (залежно від типу риштування). При подачі ферм до їхніх кінців прикріплюють по два прядив'яні відтягнення, якими монтажники підтримують і наводять ферми. Для наведення й постановки блоків на колони заздалегідь улаштовують підмости.

Монтаж кроквяних ферм слід починати, як правило, зі зв'язкової панелі. Першу ферму встановлюють у проектне положення, прикріплюють до опор не менш чому на 50% проектного числа болтів і розчалюють за вузли верхній пояс ферми двома,

чотирма або шістьома (залежно від прольоту) розчалюваннями. Потім піднімають другу ферму й до розстроповки закріплюють її постійними й змонтованими зв'язками. Тільки після цього можна знімати стропи. Кожну наступну ферму в цьому прольоті встановлюють і кріплять до раніше встановлених постійними зв'язкам, після чого знімають стропи. Ферми вивірюють відразу після установки. Вивірка ферм полягає в перевірці прямолінійності поясів і вертикальності площини ферм.

3.1.4 Монтаж прогонів

Прогони застосовуються для будівництва будинків і споруджень цивільного й промислового призначення з металевих каркасів. У металокаркасі будинку прогін служить для кріплення конструкцій, що обгороджують, покрівельних і стенових конструкцій до каркаса. Він є посилюючої підкроквяною конструкцією, яка додатково сприймає на себе кліматичні (вітрові й снігові) навантаження. Прогони рівномірно розподіляють навантаження з покрівлі на несучі й кроквяні конструкції будинку (стіни, колони, ферми, рами).

Монтаж металевих прогонів здійснюється у вузлах на верхньому поясі кроквяних ферм за допомогою коротишів з куточків, планок або гнутих аркушів стали. Листові прокладки зменшують перепад між суміжними прогонами. Кріплення прогонів до каркаса будинку проводиться залежно від технічних вимог до конструкції зварюванням або болтами.

3.1.5 Монтаж профільованого настилу

Покриття зі сталевого профільованого настилу застосовують у будинках з металевим і залізобетонним каркасом для полегшення його маси. На монтаж можуть надходити утеплені панелі профільованого настилу заводського виготовлення.

Сталевий профільований настил - це панель із оцинкованого, а потім покритого антикорозійним шаром сталевого аркуша довжиною 3...12 м, товщиною 0,8...1 мм із поздовжніми гофрами висотою 60, 79 мм і більш. Ширина настилу 680...845 мм, довжина кратна трьом - 6, 9 і 12 м і призначається проектом відповідно до розташування прогонів ферм.

Листи укрупнюють у карти на горизонтальних стендах, обладнаних вивіреними по розмірах карт упорами, і з'єднують між собою комбінованими заклепками або контактним точковим зварюванням. Після розкладки ручним електродрилем просвердлюють отвору для заклепок у місцях з'єднання у хвилі нахлестки. Отвору свердлять відповідно до проекту, звичайно через 50...60 див. У просвердлені отвори встановлюють заклепки, з'єднуючи аркуші в єдину карту потрібного розміру.

Карту стропують згідно зі схемою стропування й залежно від розміру карти піднімають краном і подають до місця укладання. Настил у вигляді аркушів або попередньо укрупнених карт розміром 6 х 6, 6 х 12, 12 х 12 м укладають на прогони покрівлі. Прогони покриття встановлюють по вузлах ферм, а при застосуванні ферм із прямокутних замкнених профілів - безпосередньо на верхні пояси ферм. Положення карт профільованого настилу підганяють по ризиках розмітки місць укладання.

Карти кріплять до прогонів оцинкованими гвинтами.. Для кріплення настилів покриття до прогону в них попередньо за допомогою електроінструмента просвердлюють наскрізні отвори діаметром 5,5 мм, потім у ці отвори загортають за допомогою гайковерта гвинти діаметром 6 мм із постановкою під головку пластмасової або сталевий шайби.

3.1.6 Монтаж стінових панелей

При монтажі стін одноповерхових будинків ділянки діляться на захватки довжиною, рівної одному або декільком крокам колон. Панелі монтуються з однієї стоянки крана на всю висоту будинку.

Монтаж панелей рекомендується виконувати в наступній технологічній послідовності:

- 1) ґрунтування очищених і осушених торців нижніх панелей мастикою, наклеїтка сухих прокладок і покриття їх мастикою перед посадкою верхніх панелей;
- 2) добір по карті монтажу відповідної до панелі, ретельне її очищення й огляд;
- 3) подача панелі краном безпосередньо до місця установки;
- 4) приймання й установка панелей у проектне положення, закріплення до конструкцій каркаса будинку й зняття стропів;

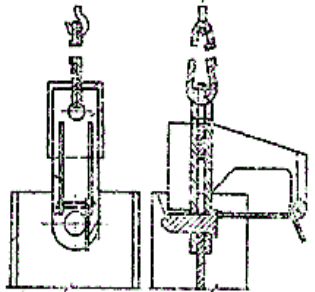
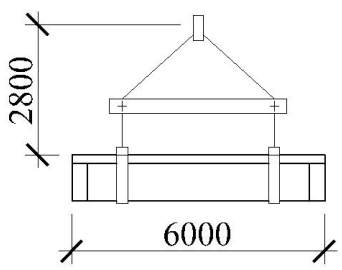
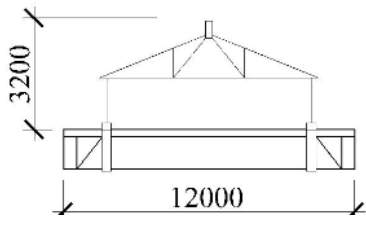
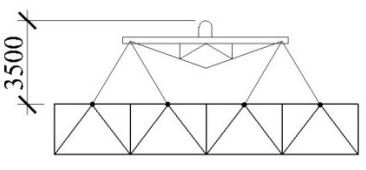
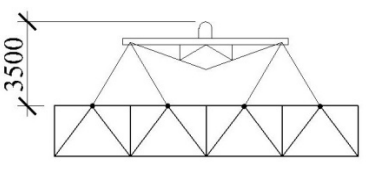
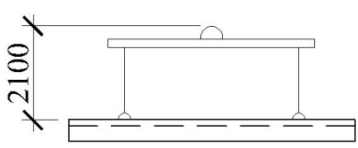
- 5) приймання, установка в проектне положення й закріплення панелей плетінь світлових прорізів у стінах;
- 6) скління панелей плетінь світлових прорізів у стінах;
- 7) заповнення вертикальних швів між панелями еластичними джгутами й розшивка мастикою горизонтальних і вертикальних швів;
- 8) фарбування внутрішніх і зовнішніх поверхонь стін.

3. 2. Вибір крана для монтажу основного комплексу конструкцій

Таблиця 3.1 Номенклатура монтажних елементів

Номер елемента	Назва	Розмір, мм			Маса елемента, т	Кільк., шт	Маса, т
		довжина	ширина	висота (товщина)			
1	Колона	1000	750	20500	3	65	195
2	Підкранова балка 6 м	6000	1000	1000	2	24	48
3	Підкранова балка 12 м	12000	1400	1400	2,5	48	120
4	Кроквяна ферма 30 м	30000	240	3150	4	26	104
5	Кроквяна ферма 36 м	36000	240	3150	5	13	65
6	Прогони 6 м	6000	100	270	0,2	132	26,4
7	Прогони гратчасті 12 м	12000	200	270	1	288	288
8	Профіліро- Ваний настил	6000	6000	0,8	0,252	324	81,7
Σ928,1 т.							

Таблиця 3.2 – Специфікація устаткування для стропування конструкцій

Найменування кроквяного встаткування	Принципова схема з розмірами, мм	Вантажопіде мність	Мас- а, т	Розраху нки-Ная висота, мм	Призначення
Траверса, ПІ Промсталь- конструкція 2052М-13		16	0,24	1000	Монтаж колон,
Траверса, ПК Главсталь – конструкція 185		6	0,39	2800	Монтаж підкранових балок довжиною 6 метрів
Траверса ПІ Промсталь- Конструкція 1968Р-9		9	0,94	3200	Монтаж підкранових балок довжиною 12 метрів
Траверса дистанційна Промсталь- Конструкція		17,5	0,81	3500	Моніаж ферм прольотом 30 метрів
Траверса дистанційна Промсталь- Конструкція		30	1,53	3500	Монтаж ферм прольотом 36 метрів
Траверса дистанційна Промсталь- Конструкція		3	0,2	2100	Установка профнастила

Кран для монтажу конструкцій вибираємо виходячи із прийнятих елементів. Кран вибираємо по трьом показникам: монтажна маса, монтажний виліт стріли, монтажна висота підйому гака.

3.2.1 Визначення монтажної маси

Монтажна маса елемента розраховується по формулі:

$$Q_m = m_e + m_c,$$

m_e – маса монтуємо елемента, т.

m_c – маса стропуючого пристрою, т.

$$Q_{M1} = 3 + 0,24 = 3,24 \text{ т.} \quad Q_{M3} = 2,5 + 0,94 = 3,44 \text{ т.}$$

$$Q_{M2} = 2 + 0,39 = 2,39 \text{ т.} \quad Q_{M4} = 4 + 0,81 = 4,81 \text{ т.}$$

$$Q_{M5} = 5 + 1,53 = 6,53 \text{ т.} \quad Q_{M7} = 2 + 0,2 = 2,2 \text{ т.}$$

$$Q_{M6} = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ т.} \quad Q_{M8} = 0,252 + 0,2 = 0,452 \text{ т.}$$

Визначення монтажної висоти підйому гака крана

Висота підйому гака крана над рівнем стоянки крана при монтажі конструкції розраховується по формулі:

$$H = h_0 + h_e + h_c$$

де h_0 – висота, на яку встановлюють монтуємий елемент;

h_e – висота елемента в монтажному положенні;

h_c – висота стропуючого пристрою.

$$H_{M1} = 0 + 20,500 + 1,000 = 21,500 \text{ м.}$$

$$H_{M2} = 16,200 + 1,000 + 2,800 = 20,000 \text{ м.}$$

$$H_{M3} = 16,200 + 1,000 + 3,200 = 20,400 \text{ м.}$$

$$H_{M4} = 20,500 + 3,150 + 3,500 = 27,150 \text{ м.}$$

$$H_{M5} = 20,500 + 3,150 + 3,500 = 27,150 \text{ м.}$$

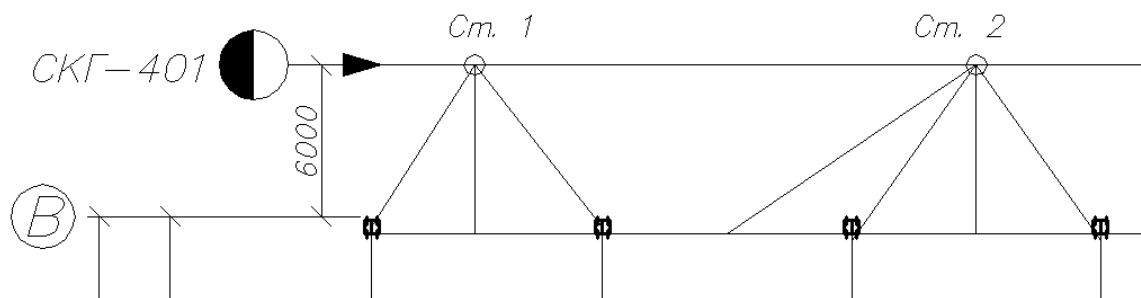
$$H_{M6} = 23,650 + 0,27 + 2,100 = 26,020 \text{ м.}$$

$$H_{M7} = 23,650 + 0,27 + 2,100 = 26,020 \text{ м.}$$

$$H_{M8} = 25,000 + 2,100 = 27,100 \text{ м.}$$

3.2.2 Визначення монтажного вильоту стріли

Монтажний виліт стріли крана для монтажу колон, тимчасових зв'язків і підкранових балок довжиною 6 і 12 м визначається з умови мінімального наближення крана до місця установки конструкції й залежить від кількості монтуємих елементів з однієї стоянки.



Малюнок – Схема роботи крана на станції 1 і 2 для монтажу колон, тимчасових зв'язків, підкранових балок

Монтажний виліт стріли визначимо виходячи з положення крана на другій станції:

$$L_M = \sqrt{6^2 + 12^2} = 13 \text{ м.}$$

За отриманим даними, використовуючи довідковий посібник «Будівельні машини й устаткування», ухвалюємо кран СКГ-401 на гусеничному ході з наступними монтажними характеристиками:

$$Q_M = 3,5 \text{ т.}; H_M = 20,4 \text{ м}; L_M = 13 \text{ м.}$$

Монтажний виліт стріли крана для монтажу ферм прольотом 30 і 36 м, а також прогонів і профільованого настилу визначається з умови максимальної вантажопідйомності монтуємих елементів.

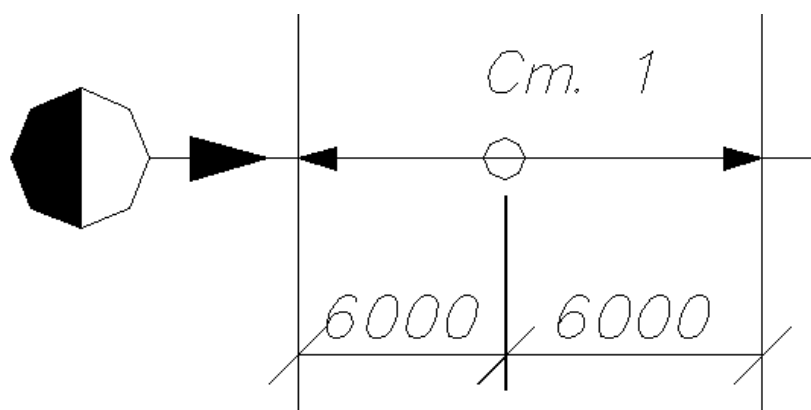


Рисунок 3.1 – Схема роботи крана на станції 1 для монтажу ферм

Монтажний виліт стріли $L_M = 6$ м, виходячи з положення крана на першій станції

За отриманим даними, використовуючи довідковий посібник «Будівельні машини й устаткування», ухвалюємо кран МКГ-40 на гусеничному ході з наступними монтажними характеристиками:

$$Q_M = 7 \text{ т.}; H_M = 27,150 \text{ м}; L_M = 6 \text{ м.}$$

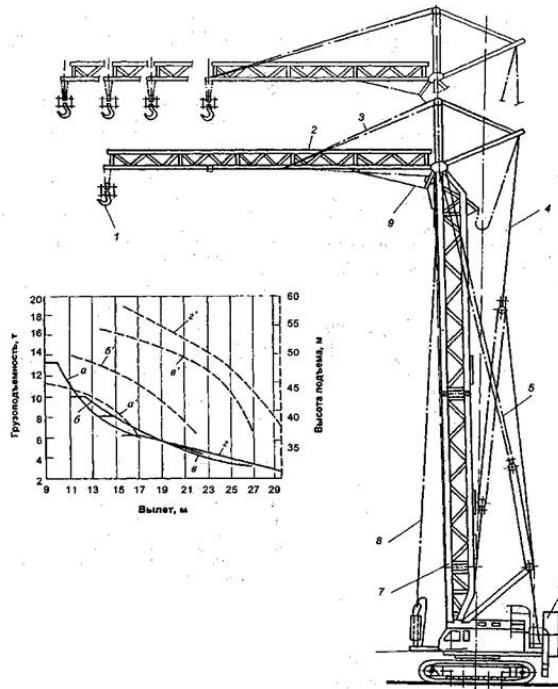


Рисунок 3.2 – Кран на гусеничному ході СКГ-401

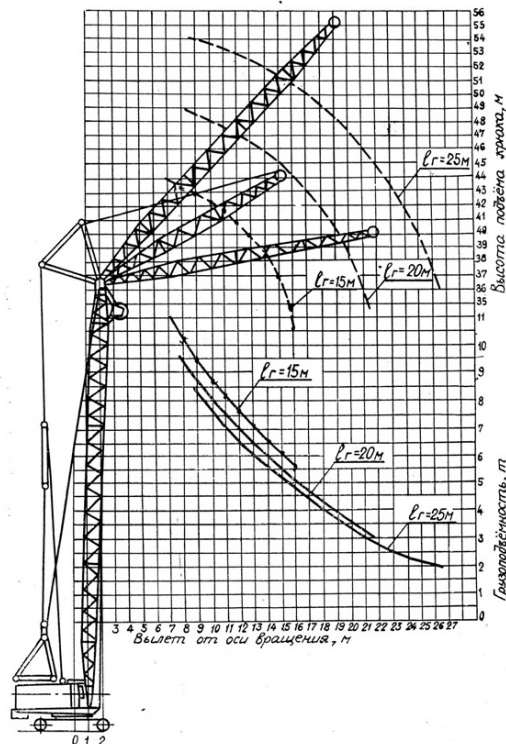


Рисунок 3.3 – Кран на гусеничному ході МКГ-40

3.3 Визначення тривалості робіт

Таблиця 3.3 – Визначення тривалості робіт

N п/п	Обґрунтування	Найменування робіт	№ захватки	Од. вим.	Обсяг робіт	Витрати праці робітників		Витрати машинного часу		Кількість змін	Кількість робітників	Тривалість дні
						на од. люд-годин	на об'єм люд-годин	на од. маш-годин	на об'єм маш-годин			
1	9-17-4	Монтаж колон і зв'язків	1	Т.	78	14,96	1166,9	3,74	291,7	2	2 маш. 12 осіб.	23
			2		39		583,4		145,8			
			3		78		1166,9		291,7			
2	9-18-3	Монтаж підкранових балок 6 м	1	Т.	-	13,01	-	3,41	-	2	1 маш. 6 осіб.	10
			2		-		-		-			
			3		48		624,5		163,7			
3	9-18-3	Монтаж підкранових балок 12 м	1	Т.	90	13,01	1170,9	3,41	306,9	2	1 маш. 6 осіб.	26
			2		30		390,3		102,3			
			3		-		-		-			
4	9-22-4	Монтаж кроквяних ферм 30 м	1	Т.	42	36,8	1545,6	8,38	352	2	1 маш. 6 осіб.	44
			2		-		-		-			
			3		42		1545,6		352			
5	9-22-4	Монтаж кроквяних ферм 36 м	1	Т.	-	36,8	-	8,38	-	2	1 маш. 6 чіл.	34
			2		65		2392		544,7			
			3		-		-		-			
6	9-25-1	Монтаж прогонів 6 м	1	Т.	-	22,56	-	2,86	-	2	1 маш. 6 чіл.	6
			2		-		-		-			
			3		26,4		595,6		75,5			
7	9-25-1	Монтаж решітчатих прогонів 12 м	1	Т.	132	22,56	2977,9	2,86	377,5	2	1 маш. 6 чіл.	50
			2		156		3519,4		446,2			
			3		-		-		-			
8	9-42-1	Монтаж профільованого настилу	1	100 м ²	43,20	50,72	2191,1	4,84	209,1	2	1 маш. 10 чіл.	37
			2		51,8		2628		250,7			
			3		21,6		1096		104,5			

Таблиця 3.4 – Специфікація матеріально-технічних ресурсів

Назва	Марка ДЕРЖСТАНДАРТ № креслення	Кільк.	Теххарактеристики
Кран на гусеничному ході	СКГ-401 МКГ-40	2 1	L _м = 13 м. L _м = 6 м.
Екскаватор	ЕТ-14	1	Ківш 0,5 м ³
Автосамоскид	КАМАЗ 43255-011	8	
Трансформатор зварювальний	ТД - 500	1	500А
Електродріль	ІЕ – 1035 в 2	1	Маса 2,5 кг
Маска зварника	ДЕРЖСТАНДАРТ 124.023 – 84	1	
Пенал для електродів	ЦНИИОМТП 3.294.71.000	1	Маса 1,6 кг
Електродержатель	ЕД-25, ДЕРЖСТАНДАРТ 146 51- 78 Е	1	Маса 0,45 кг
Метр складний	МСМ-74 ТУ 2-12-156-76	2	Маса 0,055 кг
Рівень будівельний	ВУС-2 ДЕРЖСТАНДАРТ 9416-83	2	Маса 0,24 кг
Лінійка вимірювальна		1	Довжина 1 м
Кувалда гостра	ДЕРЖСТАНДАРТ 11402- 83*	1	Маса 3 кг
Лом монтажний	ЛМ-20, ДЕРЖСТАНДАРТ 1405-83	2	Довжина 1,2 м

3.4 Техніко-економічні показники

Для загальної оцінки ефективності прийнятих розв'язків визначають наступні техніко-економічні показники:

- Тривалість робіт Т, дні;
- Загальні витрати праці на весь обсяг ΣQ , люд.-змін;
- Питому трудомісткість на прийняту одиницю виміру $q, \frac{\text{люд.-змін}}{T}$;
- Виробіток У на один робітника в зміну у фізичному вираженні, $\frac{T}{\text{люд.-змін}}$.

Тривалість робіт визначається з таблиці 4: Т = 230 днів;

Загальні витрати праці Σq визначаються по таблиці 4: $\Sigma Q = 2950$ люд.-змін

Питома трудомісткість розраховується по формулі:

$$q = \frac{\Sigma Q}{V} = \frac{2950}{928,1} = 3,17 \frac{\text{люд.-змін}}{T}; \text{ де } V - \text{обсяг робіт, т.}$$

Виробіток розраховується по формулі:

$$B = \frac{\Sigma Q}{V} = \frac{928,1}{2950} = 0,314 \frac{T}{\text{люд.-змін}}.$$

Охорона праці

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Нормативно-правові акти з охорони праці - це правила, норми, регламенти, інструкції, накази, стандарти, положення та інші документи, обов'язкові для виконання з метою забезпечення безпечних умов праці. Ці документи обов'язкові до виконання всім - як роботодавцям, так і працівникам.

Конституція України [1] декларує рівні права і свободи всім жителям держави: на вільний вибір праці, що відповідає безпечним і здоровим умовам, на відпочинок, на соціальний захист у разі втрати працездатності та у старості й деякі інші. Всі закони і нормативні документи повинні узгоджуватися, базуватися і відповідати статтям Конституції.

В основному законі України - Конституції, - питанням охорони праці присвячені три статті: 43, 45 та 46.

Стаття 43 Конституції декларує, що кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, яку людина вільно обирає або вільно погоджується. Кожен має право на безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної законом. Підкреслено також, що забороняється використання праці жінок і підлітків на небезпечних для їхнього здоров'я роботах.

Стаття 45 Конституції гарантує працюючим право на відпочинок шляхом встановлення щорічної основної та додаткової відпустки, наданням обов'язкових щотижневих днів відпочинку, скороченого часу роботи в шкідливих умовах та нічний час.

В тексті статті 46 Конституції йдеться про право громадян на соціальний захист у випадку повної чи тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття, по старості та інших випадках, передбачених законом.

Загальними законами України, які визначають основні положення охорони праці є:

Кодекс законів про працю (КЗпП) [2].

Закон України "Про охорону праці" від 01.01.2003 [3].

До законодавчої бази в галузі охорони праці також належать Закони України:

"Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування" [4].

"Про охорону здоров'я" [5].

"Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку" [6].

«Про систему громадського здоров'я» [7],

"Про дорожній рух" [8]

Закон України «Про охорону праці».

Основоположним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці». В ньому сформульовані основні принципи державної політики в галузі охорони праці. Вони полягають в наступному:

1. Пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності.
2. Повна відповідальність роботодавця за створення належних безпечних і здорових умов праці.
3. Підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій і продукції.
4. Обов'язковий соціальний захист працівників, повне відшкодування втрат особам, що потерпіли внаслідок нещасних випадків на виробництві чи професійних захворювань.
5. Використання економічних методів управління охороною праці.
6. Комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих і регіональних програм з цього питання при урахуванні економічної і соціальної політики, з використанням досягнень науки і техніки.
7. Встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності і видів діяльності.
8. Інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки та підвищення кваліфікації фахівців з питань охорони праці.
9. Співробітництво та проведення консультацій між роботодавцями і працівниками при прийнятті рішень з питань охорони праці

10. Міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

Нормативно-правові акти з охорони праці

Спеціальними законодавчими актами є державні міжгалузеві й галузеві нормативні акти по охороні праці:

Державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП), розроблені Держкомітетом з нагляду за охороною праці.

Нормативно-правові акти про охорону праці (НПАОП) , розроблені Державним комітетом промислової безпеки, охорони праці і гірничого нагляду (Держпраці).

Державні стандарти України (ДСТУ).

Санітарні норми (СН).

Державні будівельні норми (ДБН).

Нормативно-правові акти з охорони праці можуть бути міжгалузевими і галузевими.

Міжгалузевий нормативно-правовий акт з охорони праці - це НПАОП загальнодержавного користування, дія якого поширюється на всі установи і організації незалежно від форми власності чи галузевої приналежності.

Галузевий нормативно-правовий акт з охорони праці - це НПАОП загальнодержавного користування, дія якого поширюється на всі установи і організації незалежно від форми власності в межах конкретної галузі. Розробляються під керівництвом і за участі фахівців Держпраці різними установами і організаціями (за дорученням). Методичне керівництво і координацію виконання цієї роботи здійснює Національний науково-дослідний інститут охорони праці.

На основі НПАОП на підприємствах розробляються свої нормативні акти, які затверджуються власником чи керівником підприємства чи установи. Відповідно до рекомендацій Держпраці до таких нормативних актів належать:

Положення про систему управління охороною праці на підприємстві.

Положення про службу охорони праці на підприємстві.

Положення про комісію з питань охорони праці на підприємстві.

Положення про роботу уповноважених трудового колективу з питань охорони праці.

Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань ОП

Положення про організацію і проведення первинного та повторного інструктажів, пожежно-технічного мінімуму.

Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності НПАОП.

Положення про організацію попереднього і періодичного медоглядів працівників.

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проектування

Об'єктом будівництва є «Виробнича будівля в місті Харкові» основний технологічний процес, відбувається в середині будівлі, що проєктується.

Потенційні небезпеки можуть бути обумовлені: порушенням метеорологічних умов виробничого середовища.

Самопочуття і працездатність людини залежать від метеорологічних умов виробничого середовища, в якому вона знаходиться і виконує трудові обов'язки.

Сукупність таких показників виробничого середовища, як температура повітря, °С; відносна вологість, %; швидкість руху повітря, м/с; інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м² (ккал/м²-год); барометричний тиск, мм рт.ст., називають метеорологічними умовами, або мікрокліматом.

Вологість повітря значною мірою впливає на самопочуття людини і працездатність. Вологість повітря буває абсолютна і відносна.

Абсолютна вологість - це кількість води (г), що міститься в м³ повітря при даній температурі (г/м³). Відносна вологість - це процентне співвідношення абсолютної кількості водяних парів у повітрі до їх максимально можливої кількості при даній температурі.

На виробництві зазначені показники діють на людину найчастіше сумарно, взаємно посилюючи або послаблюючи один одного. Наприклад,

збільшення швидкості руху повітря посилює ефект низької температури і, навпаки, послаблює дію підвищеної температури на організм людини. Підвищення значення вологості погіршує самопочуття людини як при зниженій, так і при підвищеній температурі. Таким чином, поєднання метеорологічних параметрів виробничого середовища може бути сприятливим або несприятливим для самопочуття людини.

Якщо температура навколишнього середовища підвищується до 25 °C і вище, а відносна вологість становить більше ніж 75% , тоді теплообмін людини з навколишнім середовищем порушується, підвищується температура тіла. Дихання і пульс стають частішими, артеріальний тиск зростає, а потім падає. У важких випадках настає тепловий удар, який класифікується як нещасний випадок. Можливе виникнення також судомної хвороби; якщо людина втрачає 20% води, настає смерть.

Робота при низьких температурах може призвести до переохолодження організму людини. Периферійні кров'яні судини звужуються, надходження крові до них і тепловіддача знижується. У людини з'являється бажання інтенсивно рухатись, що посилює обмін речовин в організмі з утворенням тепла. Якщо температура тіла знижується до 34 °C, людина відчуває слабкість, а при температурах 25-26 °C настає смерть. Обмороження теж класифікується як нещасний випадок.

Швидкість руху повітря впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем таким чином: при високій температурі збільшення швидкості руху повітря позитивно впливає на організм людини, а при низькій температурі - негативно. Дуже низькі швидкості повітря, менше 0,2 м/с, негативно впливають на самопочуття людини, особливо при виконанні одноманітної, монотонної роботи. Людина швидко втомлюється, втрачає працездатність. Різкі перепади температур зазвичай супроводжуються простудними захворюваннями. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [9] встановлює нормативні документи, які регламентують метеорологічні умови виробничого середовища.

На самопочуття і здоров'я людини в процесі праці впливають не тільки незадовільні метеорологічні умови виробничого середовища, але й чистота

повітря. До забруднення повітря виробничих приміщень можна віднести як зміну його складу, так і внесення в повітря невластивих для нього компонентів. І зміна складу атмосферного повітря, і внесення в повітря невластивих компонентів, які називають шкідливими речовинами, призводить до різноманітних захворювань, травм або ж до смерті. Вміст 1-2% вуглекислого газу в повітрі не може завдати шкоди організмові, однак він є досить чутливим непрямим показником забруднення повітря приміщень, оскільки зі збільшенням його вмісту спостерігається збільшення у повітрі таких токсичних речовин, як індол, меркаптан та ін. Зменшення вмісту кисню до 9% призводить до кисневого голоду тканин організму (аноксемії), втрати свідомості. При зростанні вмісту азоту до 83% відчувається задуха, а при 93% настає смерть від нестачі кисню.

Для створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Шкідливими вважаються речовини, що при контакті з організмом людини за умов порушення вимог безпеки можуть призвести до виробничої травми, професійного захворювання або розладів у стані здоров'я. Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, органи травлення, а також шкіру та слизові оболонки.

Основним шляхом надходження промислових шкідливих речовин в організм людини є дихальні шляхи. Завдяки величезній (понад 90м²) всмоктувальній поверхні легенів утворюються сприятливі умови для потрапляння шкідливих речовин у кров.

Загальні заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають:

вилучення шкідливих речовин в технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т. п;

автоматизація і дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням, що виключає безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;

герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укрить;

нормальне функціонування систем опалення, загальнообівної вентиляції, кондиціонування повітря, очистки викидів в атмосферу;

попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;

контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони; використання засобів індивідуального захисту.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування

Будівельний майданчик із зведення виробничої будівлі в місті Харкові - це динамічне середовище з численними небезпеками, які можуть становити серйозну загрозу як для працівників, так і для відвідувачів. Від падінь і нещасних випадків до ураження електричним струмом і обвалів траншей, на будівельних майданчиках існує незліченна кількість небезпек. Усвідомлення цих ризиків і розуміння того, як їм запобігти, має вирішальне значення для забезпечення безпеки кожного на будівельному майданчику.

Серед потенційних загроз слід зазначити такі категорії:

Техногенні ризики: це небезпеки, що виникають внаслідок експлуатації технічних пристроїв, механізмів та електричного обладнання.

Організаційні ризики: вони пов'язані з недотриманням технологічних процесів або встановлених інструкцій.

Природно-технічні ризики: до них належать впливи, спричинені ґрунтовими водами, осіданням ґрунту, а також несприятливими погодними умовами.

Соціальні ризики: ці ризики зумовлені присутністю людей поблизу будівельного майданчика.

Всебічна оцінка ризику аварій ґрунтується на аналізі відмов технічних пристроїв, помилок персоналу, зовнішніх впливів та інших причин виникнення та умов розвитку аварій, ураження виробничого персоналу, населення, заподіяння шкоди майну експлуатуючої організації або третіх осіб, шкоди навколишньому середовищу. Щоб підкреслити, що йдеться про величину, що «вимірюється», використовується поняття «ступінь ризику» або «рівень ризику». Ступінь ризику аварій на небезпечному виробничому об'єкті, експлуатація якого пов'язана з безліччю небезпек і визначається виходячи з обліку відповідних критеріїв та показників ризику. У загальному випадку показники ризику виражаються за допомогою поєднання (комбінації) ймовірності (або частоти) і ваги наслідків небажаних подій.

Для оцінки рівня ризику застосовується формула:

$$K = P \times \delta,$$

де K - рівень ризику; P - ймовірність виникнення небезпечної події (від 0 до 1);

δ - серйозність наслідків у разі реалізації ризику (умовна шкала: 1 - незначні, 5 - катастрофічні). Оцінка основних ризиків за вказаною методикою наводиться в табл. 4.1.

Щоб запобігти ковзанню, спотиканню та падінню, важливо підтримувати робочі місця в чистоті та порядку, використовувати належні вивіски, щоб попередити працівників про потенційну небезпеку, забезпечити належне освітлення та переконатися, що працівники навчені правильному використанню обладнання для захисту від падіння. Деякі способи зниження ризику нещасних випадків включають належне закріплення інструментів і обладнання, встановлення зон відчуження навколо

робочого обладнання та носіння одягу, що добре помітно, щоб покращити видимість на місці. Крім того, робітники повинні бути навчені тому, як розпізнавати й уникати потенційних небезпек, щоб мінімізувати ризик удару об'єктами на будівельному майданчику.

Таблиця 4.1 - Оцінка основних ризиків

№	Потенційна небезпека	Р (ймовірність)	8 (наслідки)	$K = P \times 8$	Рівень ризику
1	Посковзнення, спотикання та падіння	0,3	5	1,5	Високий
2	Затискання між об'єктами чи механізмами на будівельному майданчику	0,2	5	1,0	Високий
3	Удар працівника об'єктом або обладнанням на	0,2	5	1,0	Високий
4	Пошкодження інженерних мереж	0,2	4	0,8	Високий
5	Обвалення траншеї при земляних роботах	0,1	5	0,5	Середній
6	Пожежа або коротке замикання електромережі	0,03	5	0,15	Низький

Щоб запобігти небезпеці ураження електричним струмом, надзвичайно важливо переконатися, що все електричне обладнання належним чином обслуговується та регулярно перевіряється, використовуйте автоматичні вимикачі замикання на землю (ОРСІ) для захисту від ураження електричним струмом і дотримуйтеся належних процедур блокування/маркування під час роботи з електричними системами. Крім того, працівники повинні бути навчені тому, як безпечно поводитися з електричним обладнанням і що робити в разі виникнення аварійної ситуації.

Щоб запобігти обваленням траншей, важливо вжити належних заходів безпеки, таких як укріплення, нахил або екранування траншей для запобігання обвалу. Робітники також повинні бути навчені тому, як розпізнавати ознаки потенційного

обвалу траншеї, як швидко вийти з траншеї в надзвичайній ситуації та як правильно використовувати засоби захисту, щоб мінімізувати ризик травм.

Щоб запобігти нещасним випадкам надзвичайно важливо встановити чіткий зв'язок і сигнали між працівниками та операторами обладнання, забезпечити належне навчання безпечній роботі біля обладнання. Працівники також повинні знати про ризики, пов'язані з замкнутими просторами, і знати, як швидко вийти з них у разі надзвичайної ситуації.

Таким чином, будівельний майданчик на період виконання робіт із зведення виробничого корпусу є місцем потенційних небезпек, які можуть призвести до нещасних випадків і травм, якщо не вжити належних запобіжних заходів. Вживаючи заходів з охорони праці на виробництві працівники можуть мінімізувати ризик нещасних випадків і створити безпечніше робоче середовище для всіх.

4.4. Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування

Організаційні та технічні заходи спрямовані на створення безпечних та комфортних умов праці. Це передбачає: чітке зонування будівельного майданчика, виділяючи окремі ділянки для зберігання матеріалів, паркування техніки та облаштування побутових приміщень для персоналу. Розробляється детальний графік робіт, який передбачає обмеження за часом для шумних видів діяльності, щоб мінімізувати негативний вплив на здоров'я працівників. Також встановлюються обмеження на виконання робіт під час дощу, сильного вітру чи морозу. Кожен працівник забезпечується відповідними засобами індивідуального захисту (касками, респіраторами, захисними окулярами, рукавицями та спецодягом), що відповідають специфіці його роботи. Регулярно перевіряються знання з охорони праці.

Заходи спрямовані на покращення умов праці.

Технічні:

Сучасна техніка: застосування новітньої будівельної техніки, оснащеної автоматичними системами захисту, такими як датчики, що контролюють навантаження, та обмежувачі максимальної висоти підйому.

Безпечні робочі платформи: будівельні риштування та підмости повинні бути обладнані надійними огорожами, зручними сходами з поручнями та покриттям, що запобігає ковзанню.

Належне освітлення: забезпечення достатнього тимчасового освітлення як ззовні, так і всередині будівельного майданчика, згідно з встановленими нормами (мінімум 50 люкс на робочих поверхнях).

Архітектурно-планувальні рішення:

Оптимізоване планування: розробка планувальних рішень, що сприяють безпеці, включаючи легкий та зручний доступ до всіх технічних приміщень (наприклад, електрощитових, індивідуальних теплових пунктів, вентиляційних камер).

Безпечні сходові клітки та ліфтові шахти: проєктування сходових кліток та ліфтових шахт таким чином, щоб забезпечити безпеку як під час монтажу, так і при подальшому обслуговуванні.

Зони для обслуговування: створення спеціальних безпечних зон, призначених для проведення робіт з обслуговування.

Безпечна покрівля: облаштування плоскої покрівлі з огороженням, яке гарантує безпечний доступ для обслуговування інженерного обладнання.

Зручний вихід на покрівлю: використання люків, що надійно фіксуються, для безпечного виходу на покрівлю.

Для покращення екологічної ситуації та умов праці на будівельному майданчику передбачені такі заходи: встановлення шумозахисних бар'єрів облаштування зон відпочинку для працівників з доступом до питної води та санітарних зручностей, а також зменшення пилу шляхом зволоження робочих поверхонь у суху погоду.

Ці заходи сприяють підвищенню продуктивності, зниженню травматизму та відповідають сучасним стандартам питань з охорони праці, ергономіки та екологічності.

Висновки

Охорона праці на об'єкті будівництва виробничого корпусу в Харкові є фундаментальною складовою всього процесу. Комплекс заходів, що реалізуються на стадіях проектування та виконання робіт, спрямований на формування безпечних, комфортних та сприятливих для здоров'я умов праці для всіх учасників будівельного процесу, а також на забезпечення безпечного функціонування об'єкта в майбутньому. Особлива увага приділяється ефективній організації будівельного майданчика, вибору передового та безпечного обладнання, а також неухильному дотриманню законодавчих вимог у сфері охорони праці, техніки безпеки та санітарно-гігієнічних стандартів. Усі працівники підлягають обов'язковому інструктажу з питань охорони праці та забезпечуються відповідними засобами індивідуального захисту. Організація робочих та технологічних процесів здійснюється з метою мінімізації ризиків травматизму, професійних захворювань та надмірних фізичних навантажень. Архітектурно-планувальні рішення розробляються з урахуванням забезпечення безпечного та зручного доступу до інженерних систем та технічних приміщень, а також ефективної евакуації в умовах надзвичайних ситуацій. Таким чином, застосування комплексного підходу до охорони праці при проектуванні та будівництві виробничого корпусу в м. Харкові формує відповідальне ставлення до безпеки праці як ключового елементу сучасного будівельного процесу.

Література

1. Конституція України - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Кодекс законів про працю (КЗпП) - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
3. Закон України "Про охорону праці" - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
4. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
5. Про охорону здоров'я - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>
6. Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80#Text>
7. Про систему громадського здоров'я - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text>
8. Про дорожній рух - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>
9. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» - https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283

Перелік літератури

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.- Вид. офіц.—К.: Мінрегіонбуд України, 2014. —199 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. - Вид. офіц.—К. : Мінбуд України, 2006. —59с.
3. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та ос- нов.- Вид. офіц.—К. : Мінрегіонбуд України, 2009. —43с.
4. ДБН В.2.6-98: 2009. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення.- Вид. офіц.—К. : Мінрегіонбуд України, 2011. —71с.
5. ДБН А.2.2-3-2012. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва.
6. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва.
7. ДБН В .1.2-8-2021 . Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього середовища.
8. ДСТУ Б В.2.6-199:2014. Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення.- К. : Мінрегіон України, 2015. —63с.
9. ДСТУ Б В.2.6-200:2014. Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу.- К. : Мінрегіон України, 2015. —50с.
10. ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Бетонні і залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.- К. : Мінрегіонбуд України, 2011. —117с.
11. ДСТУ 8768:2018 «Двотаври сталеві гарячекатані»;
12. ДСТУ 2251:2018 «Кутики сталеві гарячекатані. Рівнополічні. Сортамент»;
13. ДБН В.2.1-10:2018 Основи та фундаменти споруд. – К., 2009. – 104с.;
14. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
15. НПАОП 45.2-3.01-04 «Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, зайнятим у будівельному виробництві»;
16. НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках»;
17. НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт»;
18. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
19. НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті»;
20. НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажо-підіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання»;
21. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
22. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лаврінченко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. - Видання 2-е, перероблене і доповнене/Під загальною

редакцією О.О. Нілова та О.В. Шимановського.- К. :Видавництво «Сталь», 2010. - 869 с.

23. Проектування металевих конструкцій. Сталевий каркас одноповерхової виробничої будівлі. Теоретичні основи проектування з прикладами розрахунку /М.І.Підгурський, І.М. Підгурський. – Тернопіль: . – 236 с.

24. Романюк В.В., Супрунюк В.В. Металеві конструкції. Каркаси одноповерхових промислових будівель: навч. Посіб. [Електронне видання]. Рівне: НУВГП, 2021. – 501с.

25. Проектування поперечної рами металокаркасу виробничих будівель: методичні рекомендації до практичних занять із навчальної дисципліни «Проектування металевих конструкцій» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво») / Укладачі: Череднік Д.Л., Рюмін В.В., Солодовник Ю.Ю. Цифровий репозиторій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2024. 56с. <https://eprints.kname.edu.ua/66642/>

26. Методичні рекомендації «Проектування конструкцій покриття виробничих будівель» до практичних занять з дисципліни «Проектування металевих конструкцій» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Промислове та цивільне будівництво») / Укладачі: Яровий С.М., Рюмін В.В., Солодовник Ю.Ю. Цифровий репозиторій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 33с. <https://eprints.kname.edu.ua/66218/>

27. Методичні рекомендації «Компонування каркасу одноповерхових виробничих будівель та їх статичний розрахунок» до практичних занять із навчальної дисципліни «Основи проектування металевих конструкцій» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Д. Л. Череднік, В. В. Рюмін, Ю. Ю. Солодовник. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 64 с. <https://eprints.kname.edu.ua/68456>

28. Методичні рекомендації «Проектування підкранових конструкцій та колон» до практичних занять із вибіркової навчальної дисципліни ВК П1.5 «Проектування металевих конструкцій» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітня програма «Промислове та цивільне будівництво»)). <https://eprints.kname.edu.ua/68577/>

29. Методичні рекомендації до проведення практичних робіт і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Механіка ґрунтів та основи фундаментобудування» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Гаврилюк, В. А. Александрович, Ю. І. Кобзар. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 66 с.