ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВО, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ЛОГІСТИЧНИЙ ЦЕНТР ЗІ СКЛАДСЬКИМИ ТА ДОПОМІЖНИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Розробив: студент 4 курсу, БтаЦІ 2022-3

Спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітньої програми – Промислове та цивільне будівництво

Пархоменко Вікторія Володимирівна

Керівник: доктор філософії, асистент кафедри будівельних конструкцій Солодовник Ю.Ю.

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Бутенко В.В.

2026 рік

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ:
В.о. завідувача кафедри будівельних конструкцій
к.т.н., доц. Спіранде К.В.

«01» червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

Пархоменко Вікторії Володимирівні

Спеціальність: *192 - Будівництво та цивільна інженерія*
Освітня програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Логістичний центр зі складськими та допоміжними приміщеннями в Київській області*, затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова від *«26» травня* 2026 р. *№ 447-03*

Термін подання завершеної роботи на кафедру *“15” червня* 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огороджувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об’єкту.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, розділ технології та організації будівельного виробництва, розділ охорони праці*.

Перелік графічного матеріалу (із чітким зазначенням обов’язкових креслень):
- архітектурно-будівельна частина: *генеральний план, план на відм. 0.000, фасади будівлі, поперечний та поздовжній розрізи, план покрівлі;*
- розрахунково-конструктивна частина: *план колон, план балок перекриття, план зв’язків та прогонів покриття, конструктивні вузли, план паль та монолітного ростверка;*
- технологічні рішення та організація будівництва: технологічна карта на *технологічна карта на монтаж металевих конструкцій логістичного центру.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина		*Завальний О.В. Зав. кафедри*		
2. Розрахунково-конструктивна частина	*Розрахунок підземної частини об'єкту*	*Александрович В.А., зав. кафедри*		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	*Солодовник Ю.Ю., асистент*		
3. Технологічні рішення та організація будівництва		*Братішко С.М. доцент*		
4. Охорона праці		*Косенко Н.О., доцент*		
Нормоконтроль		*Пустовойтова О.М., доцент*		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів 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 _____ доктор філософії, ас. Солодовник Ю.Ю.

Завдання прийняв до виконання Пархоменко _____ Пархоменко В.В.

Дата видачі завдання «_01_» __червня__ 2026

ЗМІСТ

ВСТУП…… 6

Розділ 1 Архітектурно-будівельна частина……. 8

1.1 Вихідні дані…….. 9

1.2 Архітектурно-просторова організація будівлі..... 11

1.3 Аналіз теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій……..... 13

1.4 Конструктивне рішення та основні несучі елементи будівлі..... 17

1.5 Інженерні системи та мережі споруди.....……..…….. 19

Розділ 2 Розрахунково-конструктивна частина……... 20

2.1 Розрахунок несучого каркаса надземної частини об’єкта..... 21

2.1.1 Розрорка конструктивної схеми каркаса..... 21

2.1.2 Визначення сумариних силових впливів на несучу раму в межах осей 1-6..... 27

2.1.3 Статичний аналіз рамної конструкції в осях 1-6..... 33

2.1.4 Розрахунок міцності та стійкості конструктивних елементів рами осі 1-6..... 40

2.1.5 Визначення сумарних навантажень на рамний каркас у межах осей 6-10..... 50

2.1.6 Статичний аналіз рамної конструкції на ділянці осей 6-10..... 53

2.1.7 Розрахунок міцності елементів рами (осі 6-10)..... 59

2.2 Розрахунок підземної частини логістичного центру ……..... 61

2.2.1 Інженерно-геологічна та гідрогеологічна характеристика ділянки..... 61

2.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов майданчика…… 62

2.2.3 Обчислення несучої здатності палі за грунтом..... 63

2.2.4 Аналіз пальового фундаменту……..... 65

Розділ 3 Технологічні рішення та організація будівництва..... 72

3.1 Розробка технологічної карти монтажних робіт.....…….. 73

3.1.1 Загальні принципи виконання монтажних робіт та 73

організація будівельного процесу.....
3.1.2 Підбір вантажозахоплювальних пристроїв для монтажу конструкції..... 74
3.1.3 Підбір монтажного кранового обладнання..... 75
3.1.4 Встановлення колон……..... 79
3.1.5 Встановлення ригелів, прогонів і елементів в'язей у проєктне положення..... 81
3.1.6 Влаштування монтажних з'єднань сталевих конструкцій..... 83
3.1.7 Встановлення стінових панелей……..... 84
3.1.8 Встановлення віконних і дверних блоків у проєктне положення..... 86
3.1.9 Визначення кількості та обсягув виконання монтажних робіт.....…… 87
3.1.10 Заходи з охорони праці до технологічної карти..... 88
Розділ 4 Охорона праці…….. 90
4.1 Правове регулювання безпеки праці.....……... 91
4.2 Оцінка умов виробничого середовища на проектованому б'єкті... 92
4.3 Оцінка ймовірності виникнення аварійних ситуацій та травматизму на майданчику будівництва..... 96
4.4 Формування безпечних умов праці та інженернеоблаштування будівельного майданчика . 98
4.5 Висновки до розділу 4……. 103
СПИСОК ПОСИЛАНЬ…….. 105

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку України будівельна галузь відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні стабільного функціонування економіки, розвитку інфраструктури та відновлення держави. Особливої актуальності набуває будівництво промислових і логістичних об’єктів, які забезпечують ефективне зберігання, транспортування та розподіл продукції.

В умовах воєнного стану потреба у сучасних логістичних центрах, складах та базах значно зросла, оскільки саме такі об’єкти забезпечують безперервність постачання матеріальних ресурсів, гуманітарної допомоги, будівельних матеріалів та продукції для населення і підприємств. Війна суттєво вплинула на економіку та інфраструктуру країни, спричинивши руйнування великої кількості промислових і складських об’єктів. У зв’язку з цим будівництво нових логістичних комплексів є важливим етапом у процесі відновлення держави та створення сучасної системи логістики.

Надійна логістична інфраструктура забезпечує стабільну роботу підприємств, сприяє розвитку торгівлі, підтримує виробничі процеси та створює нові робочі місця. Об’єкт будівництва розташований у Київській області, місті Боярка, що є перспективною територією для розвитку складської та логістичної інфраструктури. Вигідне транспортне розташування дозволяє забезпечити зручне транспортне сполучення та ефективну організацію вантажопотоків.

Особливу роль у сучасному промисловому будівництві відіграють металеві конструкції, які є одним із найбільш ефективних конструктивних рішень для зведення складських та логістичних будівель. Використання металевого каркаса дозволяє значно скоротити строки виконання будівельно-монтажних робіт, зменшити масу споруди, забезпечити високу міцність, надійність та довговічність будівлі. Крім того, металеві конструкції дають можливість перекривати великі прольоти без додаткових внутрішніх опор, що є надзвичайно важливим для організації складських приміщень та роботи навантажувальної техніки.

Сучасні технології монтажу металевих конструкцій забезпечують високу швидкість будівництва та якість виконання робіт. Використання заводських елементів високого ступеня готовності дозволяє мінімізувати трудомісткість монтажних процесів і забезпечити точність збирання конструкцій. Для огороджувальних конструкцій застосовуються енергоефективні сендвіч-панелі, які забезпечують належний температурно-вологісний режим у приміщеннях та відповідають сучасним вимогам енергозбереження.

Під час розроблення проєктних рішень враховано вимоги чинних державних будівельних норм та стандартів України щодо надійності конструкцій, пожежної безпеки, енергоефективності, санітарно- гігієнічних умов та охорони праці. Значна увага приділена організації будівельного майданчика, технології монтажу металевих конструкцій, безпечному виконанню робіт та забезпеченню ефективної експлуатації об’єкта.

Метою роботи є розробка сучасних конструктивних, архітектурно- планувальних та технологічних рішень для будівництва логістичного комплексу складського призначення із застосуванням металевих конструкцій. У процесі виконання роботи проведено аналіз умов будівництва, розглянуто особливості конструктивної схеми будівлі, виконано необхідні розрахунки та обґрунтовано вибір основних будівельних рішень. У результаті виконання роботи розроблено комплекс рішень, спрямованих на забезпечення надійності, довговічності, функціональності та енергоефективності будівлі відповідно до сучасних вимог промислового будівництва та потреб розвитку логістичної інфраструктури України.

Розділ 1

Архітектурно-будівельна частина

1.1 Вихідні дані

У місті Боярка (Київська обл.) розробляється проєкт логістичного комплексу, Головна мета будівництва - створення високоефективної системи для прийому, систематизації, тривалого зберігання та дистрибуції товарних запасів. Спроєктовані інженерні рішення дозволять мінімізувати часові витрати на обробку вантажів завдяки впровадженню новітнього навантажувального устаткування та оптимізованій логістичній схемі. Об'єкт відповідає актуальним вимогам до сучасних промислових споруд, забезпечуючи надійне та якісне сервісне обслуговування вантажопотоків.

Характеристики земельної ділянки:

- **загальні параметри:** територія об’єкта займає 5064 м², при цьому під забудову відведено 1036,8 м²;
- **інженерно-транспортна доступність:** ділянка характеризується вигідним розташуванням у районі з наявною інженерною мережею. Наявність розвиненої дорожньої інфраструктури забезпечує оптимізовані під’їзні шляхи, що є критично важливим для обслуговування клієнтів, а також своєчасної логістики автомобілів та комплектуючих;
- ділянка має рівнинний рельєф із незначним ухилом, що не перевищує 2°. Такі природні умови є сприятливими для будівництва, оскільки дозволяють раціонально використовувати ресурси, суттєво скорочуючи обсяги підготовчих земляних робіт;
- проєктування об’єкта здійснено з повним урахуванням нормативних вимог щодо встановлення санітарно-захисних зон, визначених чинним законодавством України ДСП 173-96 [1] та ДБН Б.2.2-12:2019зі зміною № 1:2021 [2].

Природно-кліматична та інженерно-геологічна характеристика ділянки (за ДБН В.1.1-27:2010 [3] та ДБН В.1.2-2:2006 [4]):

- кліматичний район: І;
- абсолютний мінімум температури повітря, зафіксований у даному регіоні в зимовий період, досягає: –32 °С;

- абсолютний максимум у найтепліший період року становить: +39 °С;
- середньорічна кількість опадів у районі становить: 649 мм;
- максимальна швидкість вітру: 5,4 м/с;
- майданчик проєктування відноситься до І вітрового району, де характеристичне значення вітрового тиску становить: 370 Па (І район);
- до V снігового району, де характеристичне значення ваги снігового покриву становить: 1550 Па;
- глибина сезонного промерзання ґрунтів: 0,8 м;
- сейсмічна активність регіону характеризується показником, що не перевищує 6 балів. З огляду на це, при розробці конструктивних рішень об'єкта немає потреби у застосуванні спеціальних антисейсмічних заходів, що відповідає вимогам чинних будівельних норм для даної категорії споруд

Містобудівні умови:

- міська територія Боярки, де розміщено майданчик будівництва, характеризується сприятливим розташуванням у вузлі транспортних магістралей Київської області, що полегшує здійснення вантажних перевезень;
- проєктні рішення повністю узгоджуються з положеннями чинного Генерального плану;
- планувальні рішення об'єкта розроблені з дотриманням нормативних вимог щодо тривалості інсоляції приміщень та забезпечення протипожежних розривів. Генеральним планом передбачено організацію безперешкодних під'їздів для спецтехніки, а також реалізацію комплексу заходів із благоустрою згідно з чинними містобудівними нормативам и .

Технічні умови та інженерне забезпечення:

Інженерне забезпечення об'єкта базується на технічних умовах, виданих відповідними наглядовими органами. Проєктом передбачено технологічне приєднання до міських магістралей електро-, тепло- та водопостачання, а також систем зв'язку. Схема водовідведення передбачає два канали: централізоване відведення господарсько-побутових стоків до міської каналізаційної мережі та

очищення промислових стоків зони мийки автотранспорту через локальні очисні споруди , що мінімізує екологічне навантаження на довкілля

Екологічні обмеження:

Проєктні рішення передбачають дотримання вимог щодо меж санітарно-захисних, природоохоронних та охоронних територій, що виключає негативний вплив на суміжні земельні ділянки. З метою зниження потенційного техногенного навантаження на навколишнє середовище передбачено комплекс природоохоронних заходів, зокрема організацію системи збору та відведення дощових і господарсько-побутових стоків, озеленення території захисними насадженнями, а також встановлення шумопоглинальних екранів у випадку перевищення допустимого рівня шуму.

1.2 Архітектурно-просторова організація будівлі

Будівля запроєктована прямокутної форми з розмірами в осях $48 \times 21{,}6\ м$ та розділена протипожежною стіною на дві функціонально незалежні секції. Перша секція (осі 1-6) містить як одноповерховий об’єм у межах осей 1-3 з висотою приміщень 6,0 м, так і двоповерхову частину в осях 3-6, де висоти поверхів становлять 3,9 м і 3,2 м відповідно. Друга секція (осі 6-10) є більш різнорівневою та включає двоповерхову зону 6-7/А-Б, одноповерховий простір підвищеної висоти 8,4 м у межах 7-8/А-Б та 6-10/Б-Г, а також двоповерховий об’єм в осях 8-10/А-Б з висотами 2,9 м та 4,9 м по поверхах.

Каркас будівлі прийнято з кроком колон $6{,}0 \times 7{,}2\ м$ відповідно до планувальної схеми на відмітці 0.000. Мостові крани проєктом не передбачені; для обслуговування автотранспорту передбачено використання окремого електрогідравлічного та електромеханічного домкратного обладнання. Покрівельні конструкції виконуються із сендвіч-панелей Ruukki SPC W з утеплювачем із мінеральної вати. Відведення дощових вод організовано зовнішньою системою через ринви та водостічні воронки діаметром 150 мм, розміщені в кутових зонах та біля протипожежної стіни.

Таблиця 1.1 - Основні об’ємно-планувальні та техніко-економічні показники об’єкта.

№	Найменування	Одиниці виміру	Кількість
1	Площа забудови	м²	1036,8
2	Будівельний об'єм	м³	360,42
3	Площа на одиницю продукції	м²	4,5
4	Обсяг на одиницю продукції	м³	6,75

Будівля поділена за функціональним призначенням на кілька основних зон: демонстраційно-торговельну залу для легкових автомобілів, зону технічного обслуговування, а також адміністративно-побутові приміщення.

Організація входів передбачена з боку осей В–Б, 2–8 та Б–Г, що забезпечує зручний доступ до основних функціональних груп приміщень. У двоповерхових об’ємах запроєктовано три внутрішні сходові клітки для вертикальної комунікації.

Підвальне приміщення в складі будівлі не передбачене. Для забезпечення безпечної експлуатації передбачено шість евакуаційних виходів, рівномірно розміщених по об’єму будівлі.

1.3 Аналіз теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій

У сучасному будівельному проєктуванні значна увага приділяється підвищенню енергоефективності будівель, що дає змогу знизити втрати тепла, зменшити витрати енергоресурсів і забезпечити комфортні умови експлуатації приміщень. Важливу роль у формуванні теплотехнічних характеристик споруди відіграють зовнішні огороджувальні конструкції, зокрема стінові елементи.

У проєктованій будівлі автосалону зовнішні стіни передбачено виконати з тришарових сендвіч-панелей із теплоізоляційним шаром із жорсткої мінераловатної плити (рис. 1.1). Таке конструктивне рішення забезпечує необхідний рівень теплозахисту відповідно до вимог чинних нормативних документів (ДБН В.2.6-31:2021[5], ДСТУ Б В.2.6-36:2008[6]), а також

характеризується технологічністю монтажу, довговічністю та підвищеною вогнестійкістю.

У даному розділі здійснюється розрахунок термічного опору зовнішніх стін та перевірка відповідності застосованих сендвіч-панелей нормативним вимогам щодо енергоефективності для I кліматичного району України з урахуванням кліматичних умов міста Боярка.

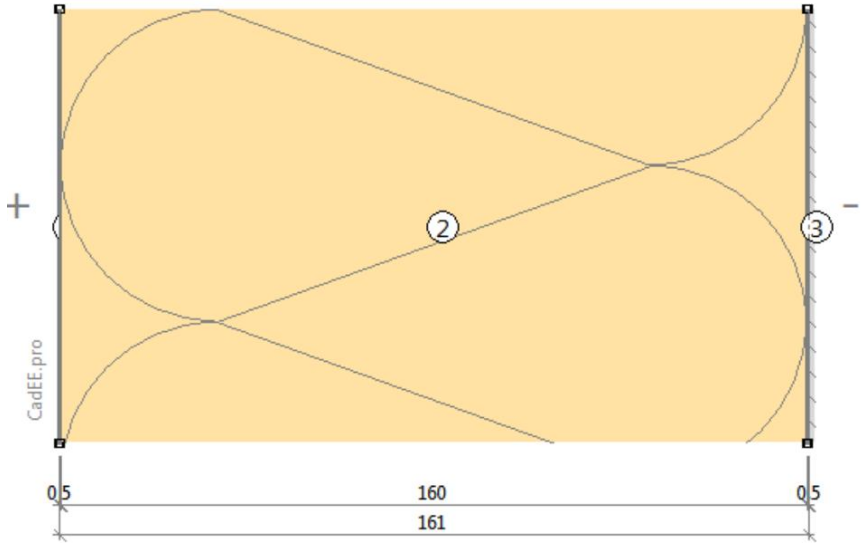


Рисунок 1.1 – Огороджуюча конструкція.

Для визначення термічного опору зовнішньої стінової конструкції прийнято багатошарову систему, виконану на основі тришарових сендвіч-панелей. Загальна товщина огороджувального елемента становить 0,161 м.

Конструктивно стіна складається з трьох шарів:

- зовнішнього облицювального листа зі сталі конструкційного призначення товщиною 0,001 м, середнього теплоізоляційного шару з мінераловатної плити на основі базальтового волокна густиною 100 $кг/м^3$ та товщиною 0,160 м, а також внутрішнього сталевого облицювання товщиною 0,001 м.

Згідно з таблицею Б додатку Б [7], для вертикальних огороджувальних конструкцій типу «стіна» приймаються розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі, які використовуються при подальших теплотехнічних обчисленнях.

- коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ($h_{si} = 8{,}7 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$);

- коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ($h_{se} = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$).

Становлення опору теплопередачі:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p_3}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.0005}{58} + \frac{0.16}{0.046} + \frac{0.0005}{58} + \frac{1}{23} = 3.637 \ \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \qquad (1.1)$$

Для визначення розрахункового показника термічного опору огороджувальної системи застосовується математична модель, наведена у формулі (1.2). Ця процедура дозволяє встановити сумарну здатність багатошарової конструкції чинити опір потоку теплової енергії

$$R_{\Sigma пр} = \frac{A_\Sigma}{\frac{A_1}{R_s}} = \frac{1}{\frac{1}{3.637}} = 3.637 \ \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \qquad (1.2)$$

Згідно з нормативними додатками А [5], територія будівництва відноситься до І температурної зони України, м. Боярка. Базуючись на відомостях, наведених у табличній частині державних норм, регламентована величина приведеного опору теплопередачі встановлюється з урахуванням конструктивного типу стіни та цільового використання споруди, а саме - складського приміщення логістичного призначення.

Для зовнішніх огороджувальних стін будівель промислового призначення, що розташовані у межах першої кліматичної зони, встановлено наступний нормативний показник:

$$R_{qmin} = 3.5 \ \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

$$R_{\Sigma пр} = 3.64 \frac{м^2 \cdot К}{Вт} > R_{qmin} = 3.5 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$$

Для встановлення градієнта температур у перерізі стінової панелі застосовується математичний апарат, наведений у формулі згідно зі стандартом [8]. При розрахунку береться до уваги гіпотеза про стаціонарні умови теплопередачі, за яких енергетичний потік спрямований лінійно та суворо перпендикулярно до площини конструкції.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} = \frac{0.0005}{58} = 8.62 \cdot 10^{-6} \ \frac{м^2 \cdot K}{Вт} \tag{1.3}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.16}{0.046} = 3.478 \ \frac{м^2 \cdot K}{Вт} \tag{1.4}$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p_3}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.16}{0.046} + \frac{0.0005}{58} = 3.478 \ \frac{м^2 \cdot K}{Вт} \tag{1.5}$$

$$\theta_{ext} = -19°C$$

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{20 - -19}{3.637} \cdot \frac{1}{8.7} = 18.767 \ °C \tag{1.6}$$

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{20 - -19}{3.637} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 8.62 \cdot 10^{-6} \right) = 18.767 \ °C \tag{1.7}$$

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{20 - -19}{3.637} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.478 \right) = -18.534 \ °C \tag{1.8}$$

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{20 - -19}{3.637} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.478 \right) = -18.534 \ °C \tag{1.9}$$

Температурний перепад:

$$\Delta\theta_{int_{si}} = \theta_{int} - \theta_0 = 20 - 18.767 = 1.233 \ °C \tag{1.10}$$

Точка роси:

$$\theta_D = \frac{237.7 \cdot \left(\frac{17.27 \cdot \theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right)}{17.27 - \left(\frac{\theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right)} = 8.6°C \tag{1.11}$$

Згідно з п. 5.4 [5]

$$\Delta\theta_{int_{si_{max}}} = 5°C$$

$$\Delta\theta_{int_{si}} = 1.23°C \ < \ \Delta\theta_{int_{si_{max}}} = 5°C$$

Результат - в межах допустимого.

Згідно з п. 5.5.1 [5]

$$\theta_0 = 18.77°C \ > \ \theta_D = 8.6°C$$

Вимога дотримана.

Здійснюємо розрахунок опору теплопередачі:

$$x_1 = 0м;\ \ \lambda_{p_1} = 58\,\frac{Вт}{м \cdot К}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} = \frac{0.0005}{58} = 8.62 \cdot 10^{-6}\ \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \tag{1.12}$$

$$x_2 = 0.16м;\ \ \lambda_{p_2} = 0.05\,\frac{Вт}{м \cdot К}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.16}{0.046} = 3.478\ \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \tag{1.13}$$

$$x_3 = 0.16м;\ \ \lambda_{p_3} = 58\,\frac{Вт}{м \cdot К}$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p_3}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.16}{0.046} + \frac{0.0005}{58} = 3.478\ \frac{м^2 \cdot К}{Вт} \tag{1.14}$$

Для оцінки вологісного режиму зовнішньої стіни виконується розрахунок опору паропроникненню окремих шарів та конструкції в цілому за формулами (3) і (4) [8]. Значення коефіцієнтів паропроникності матеріалів приймаються відповідно до таблиці А.1 [7]. Отримані результати дозволяють оцінити можливість утворення конденсату та ефективність роботи огороджувальної конструкції в заданих кліматичних умовах.

$$При\ x_1 = 0\ м$$

$$R_{e_1} = \frac{d_1}{\delta_1} = \frac{0.0005}{2.2 \cdot 10^{-5}} = 22.727\ \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{мг} \tag{1.15}$$

$$При\ x_2 = 0.16\ м$$

$$R_{e_2} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = \frac{0.0005}{2.2 \cdot 10^{-5}} + \frac{0.16}{0.47} = 23.068\ \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{мг} \tag{1.16}$$

$$При\ x_3 = 0.16\ м$$

$$R_{e_3} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} = \frac{0.0005}{2.2 \cdot 10^{-5}} + \frac{0.16}{0.47} + \frac{0.0005}{2.2 \cdot 10^{-5}} = 45.795\ \frac{м^2 \cdot год \cdot Па}{мг} \tag{1.17}$$

Висновок: за результатами здійсненого теплотехнічного аналізу підтверджено повну відповідність запроєктованої огороджувальної конструкції

вимогам чинних нормативних документів ДБН та ДСТУ. Розрахунковий показник приведеного опору теплопередачі перевищує встановлене нормами мінімально допустиме значення для першої температурної зони, що свідчить про високу ефективність теплового захисту будівлі.

1.4 Конструктивне рішення та основні несучі елементи будівлі

Конструктивне рішення фундаменту

Основою будівлі є пальовий фундамент, який забезпечує передачу навантажень на більш міцні шари ґрунту. Палі об'єднані збірно-монолітним ростверком, поверх якого встановлюються фундаментні блоки. Для підвищення просторової стійкості споруди по всьому периметру будівлі влаштовується монолітний залізобетонний пояс, що сприяє рівномірному розподілу зусиль між несучими конструкціями.

Несучу систему споруди утворює сталевий каркас, основними елементами якого є колони з двотаврових профілів №20 зі сталі С245. Розташування колон прийнято відповідно до об'ємно-планувального рішення будівлі. Зовнішній ряд колон переважно має крок 6 м, за винятком осі 6, де колони відсутні. Усередині будівлі колони також розміщуються через 6 м, проте на окремій ділянці по осі В між осями 3 і 5 відстань між ними зменшена до 3 м. По осях 2 та 6 внутрішні колони не передбачені. Фахверкові конструкції вздовж осей 1 і 10 розташовані з кроком, визначеним конструктивною схемою будівлі.

Горизонтальні несучі елементи каркаса виконані з двотаврових профілів №27–45 зі сталі С245, які підібрані на основі результатів розрахунку навантажень. Міжповерхові перекриття прийнято монолітними залізобетонними по профільованому настилу. Таке рішення забезпечує необхідну жорсткість конструкції та ефективну роботу перекриття під дією експлуатаційних навантажень.

Перекриття

Конструкція міжповерхового перекриття другого рівня виконана на основі металевих несучих балок двотаврового профілю з використанням профільованого

настилу та монолітного залізобетонного шару. Для покращення акустичного комфорту передбачено влаштування звукоізоляційного шару, а фінішне покриття підлоги виконано з керамічної плитки.

Інженерне обладнання та благоустрій

Для відведення атмосферних опадів із покрівлі запроєктовано зовнішню водостічну систему, до складу якої входять жолоби, розташовані вздовж карнизів, а також водоприймальні воронки діаметром 150 мм, встановлені в кутах споруди та поблизу протипожежної стіни. Для забезпечення транспортного доступу до приміщень передбачено чотири в'їзні ворота. Природне освітлення внутрішнього простору забезпечується за рахунок вітражних конструкцій розміром 2,4 × 2,48 м.

По контуру будівлі влаштовується асфальтобетонна відмостка, призначена для захисту фундаментів від поверхневих вод.

Огороджувальні конструкції

Зовнішні стіни виконуються із сендвіч-панелей товщиною 160 мм, які забезпечують необхідні показники теплозахисту та звукоізоляції при відносно невеликій масі конструкції. Внутрішнє розділення приміщень здійснюється цегляними перегородками. Крім того, по осі 6 передбачена протипожежна стіна, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

Покриття будівлі сформоване профільованим настилом, який спирається на систему металевих балок і прогонів. Для проведення оглядових та ремонтних робіт на покрівлі передбачено спеціальний технологічний вихід.

Підлоги та сходові конструкції

Підлога першого поверху влаштовується по ущільненій основі з ґрунту та включає бетонну плиту з армуванням, вирівнювальну стяжку і верхній шар із керамічної плитки.

Вертикальний зв'язок між поверхами забезпечують три сходові клітки, виконані на основі металевих маршів. Для безпечної експлуатації сходи обладнані огородженнями та перехідними площадками.

1.5 Інженерні системи та мережі споруди

Інженерне забезпечення логістичного центру передбачає комбіновану систему опалення, що включає водяний та повітряний принципи роботи. Повітряне опалення інтегровано з припливною вентиляцією, що дозволяє підтримувати необхідні параметри мікроклімату відповідно до санітарних вимог. В зонах в'їзних груп та воріт встановлюються повітряно-теплові завіси, які формують направлений потік теплого повітря та зменшують втрати тепла при відкриванні прорізів у холодний період року.

Вентиляційна система прийнята припливно-витяжного типу та забезпечує організований повітрообмін у всіх приміщеннях будівлі залежно від їх функціонального призначення.

Водопостачання об'єкта здійснюється від міської мережі та включає господарсько-питний, виробничий і протипожежний водопровід. Відведення побутових стоків передбачено до централізованої міської каналізаційної системи.

Електропостачання будівлі виконується від зовнішніх міських електромереж. Для забезпечення зв'язку та інформаційного обміну передбачено телефонізацію об'єкта та підключення до мережі Інтернет.

Розділ 2

Розрахунково-конструктивна частина

2.1 Розрахунок несучого каркаса надземної частини об'єкта

2.1.1 Розробка конструктивної схеми каркаса

Конструктивна схема будівлі передбачає поєднання двох незалежних каркасних систем, орієнтованих у взаємно перпендикулярних напрямках. Перша система, що охоплює осі 1–6, складається з трипролітних рам. Друга система, розташована в осях 6–10, представлена двопролітною каркасною структурою. Між цими блоками влаштовано несучу протипожежну стіну по осі 6, яка одночасно слугує опорою для ригелів поздовжніх рам.

Просторова жорсткість ділянки в осях 1–6 забезпечується спільною роботою вертикальних в’язей (осі 1, 3, 5), протипожежної діафрагми жорсткості (товщиною 400 мм) та системи горизонтальних в’язей по покриттю. Аналогічно, стійкість каркаса в осях 6–10 гарантується інтеграцією вертикальних в’язей (по осях А, Б, В) та горизонтальних в’язевих ферм у площині покрівлі.

2.1.1.1 Рама в осях 1-6

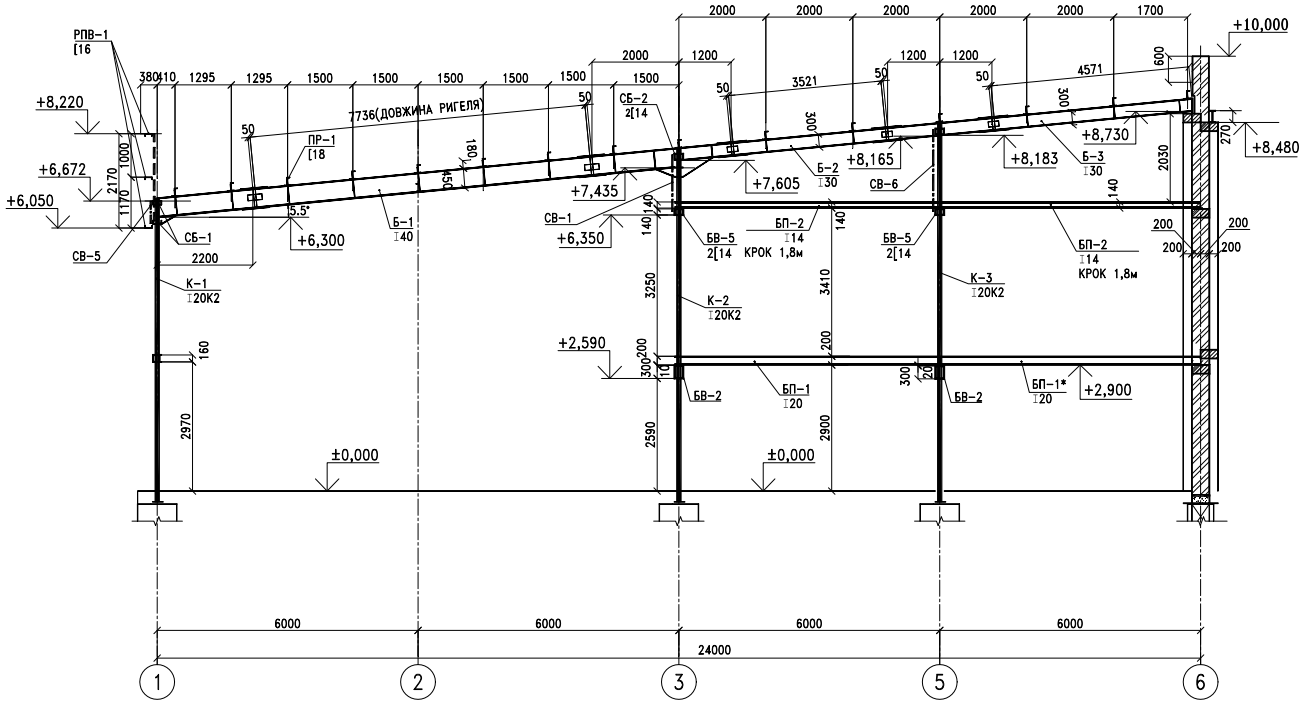


Рисунок 2.1 – Рами в осях 1-6.

Просторова стійкість будівлі додатково підсилюється монолітними перекриттями, що виконують функцію жорсткого диску. Вони розташовані на

рівні +3,100 м для першого каркаса (осі 1–6) та на рівні +4,030 м для другого (осі 6–10). Передача навантаження від перекриттів здійснюється на металеві головні балки, що входять до складу рам каркаса.

$H_{р1} = 0{,}45$ м;

$H_{р2} = 0{,}3$ м;

$H_{р3} = 0{,}3$ м;

$H_{к1} = 6{,}3$ м;

$H_{к2} = 7{,}435$ м;

$H_{к3} = 8{,}165$ м;

$L = 24{,}0$ м.

Конструктивне рішення покрівлі передбачає влаштування теплих огороджувальних конструкцій по системі металевих прогонів.

Габарити перерізу колон- 200×200 мм.

Сітка колон у межах секції логістичноого цетру сформована з урахуванням функціональних вимог до простору. У поздовжньому напрямку (осі А-Г) прийнято сталий крок розміщення опор, що становить 7,2 м. У поперечному напрямку (осі 1-6) крок колон є змінним: у межах осей 1-3 він складає 12 м, тоді як на ділянці 3-6 застосовано крок 6 м

Прийнята схема розстановки опорних елементів (колон) ілюструється на рис. 2.2

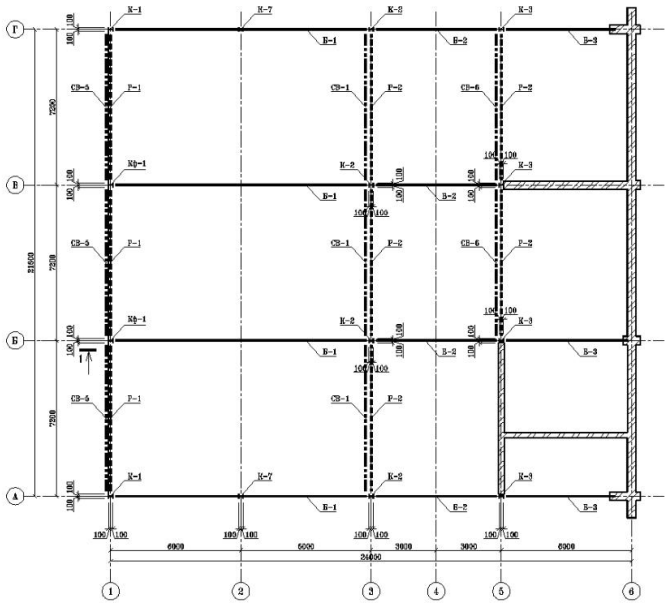


Рисунок 2.2 - План колон.

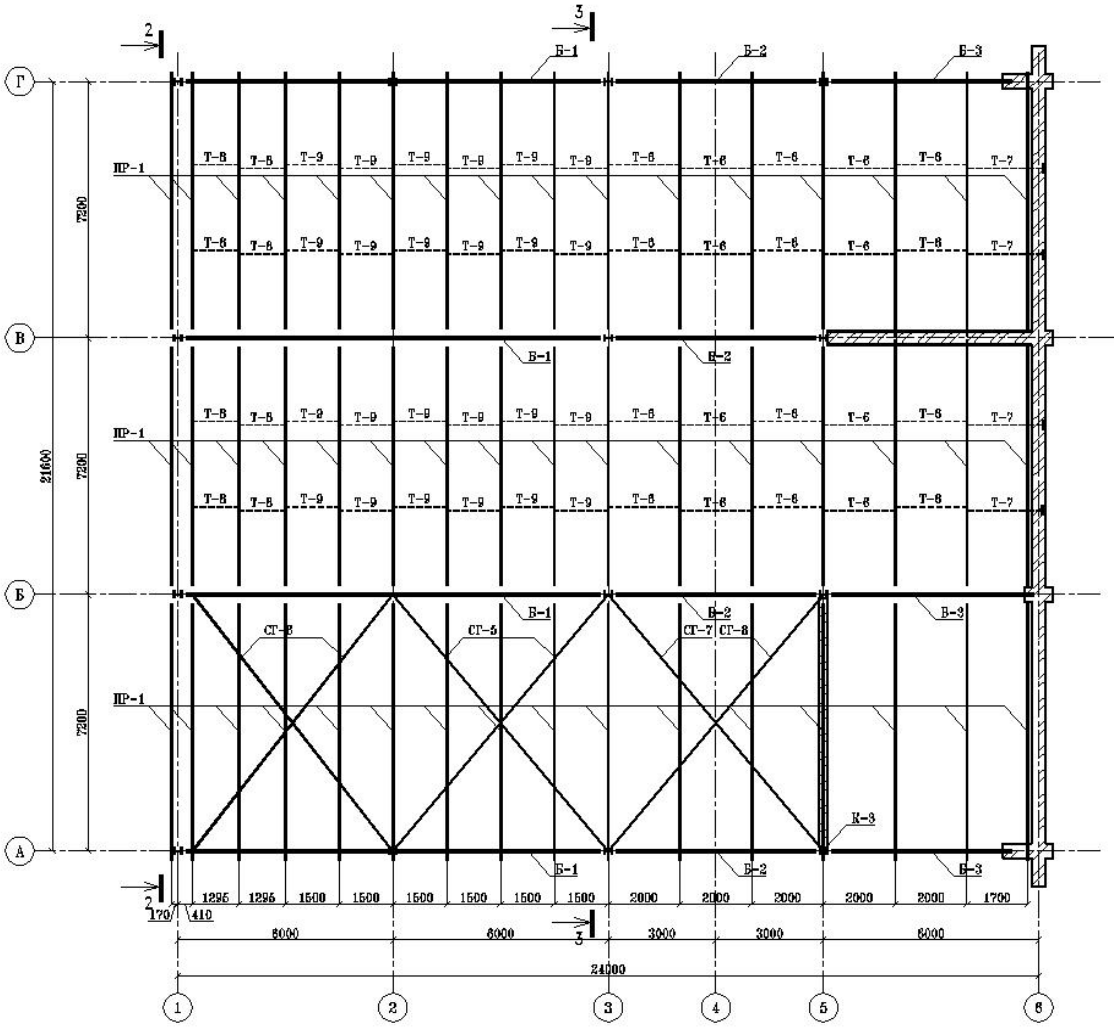
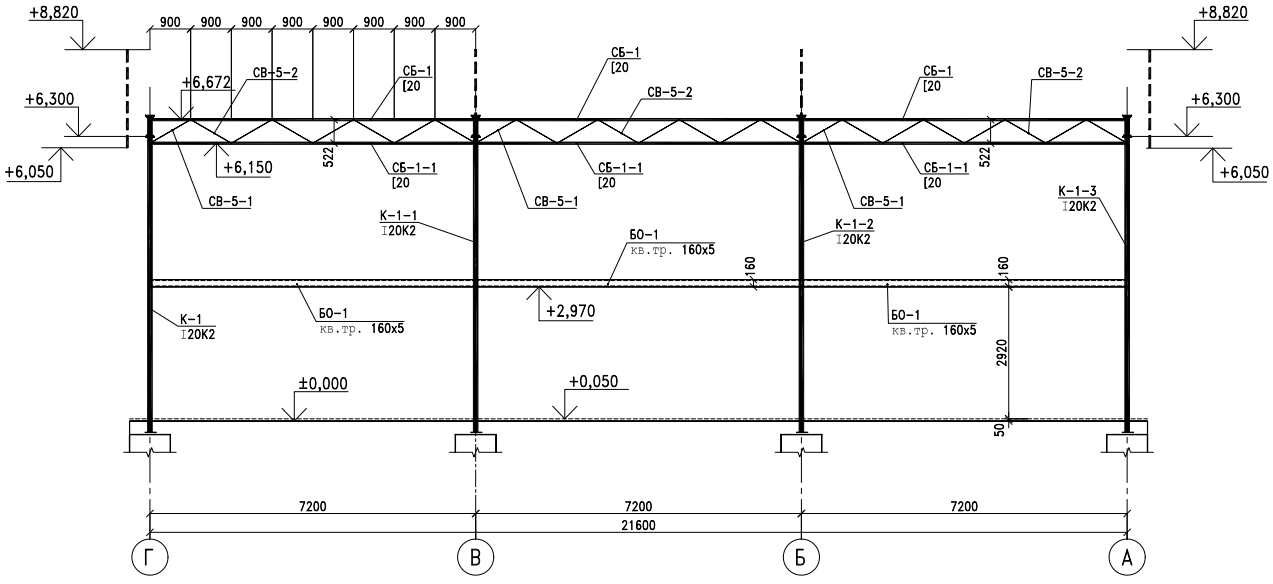
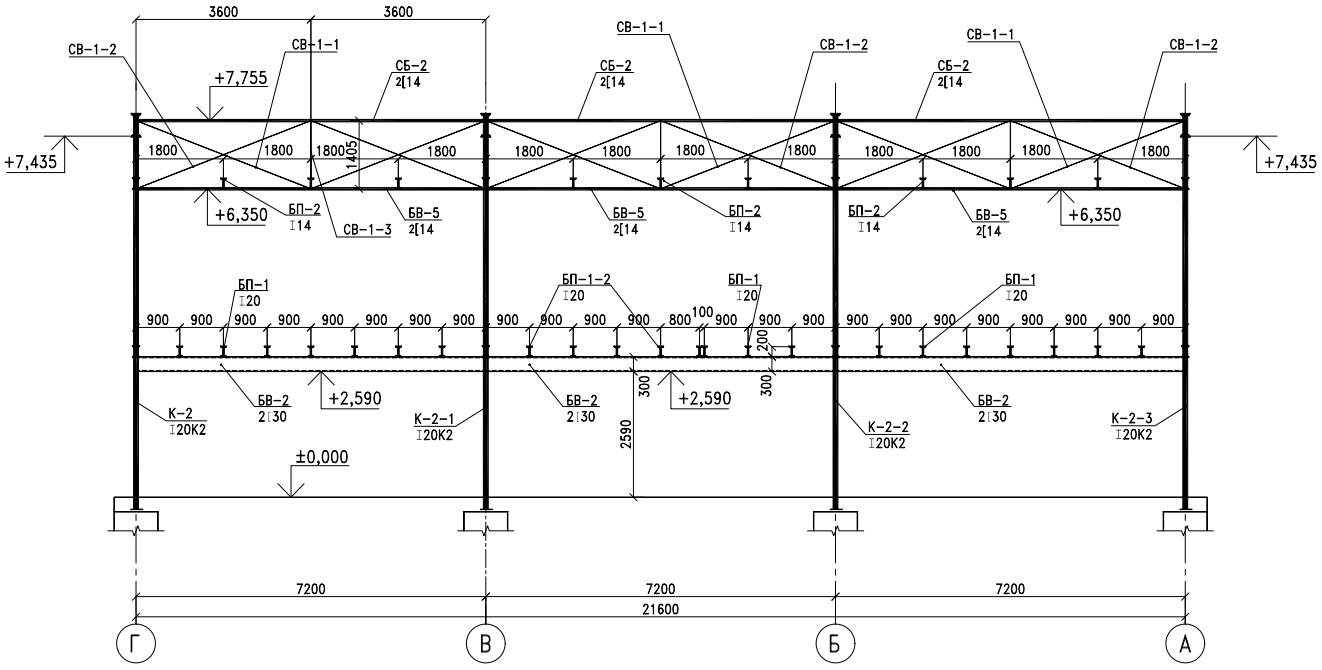


Рисунок 2.3 -Схема компонування прогонової системи та в’язевих елементів у площині покриття.



а



б

Рисунок 2.4 - Конструктивні схеми вертикальних в’язів: а) у площині осі 1;

б) у площині осі 3.

Функціонування системи вертикальних зв’язків полягає у забезпеченні геометричної незмінності каркасної структури як на етапі монтажних робіт, так і в період подальшої експлуатації. Вона формує просторову жорсткість споруди, сприймає поздовжні навантаження та перешкоджає виникненню позаплощинних деформацій колон (див. рис. 2.4, рис. 2.8)

2.1.1.2 Рама в осях 6-10

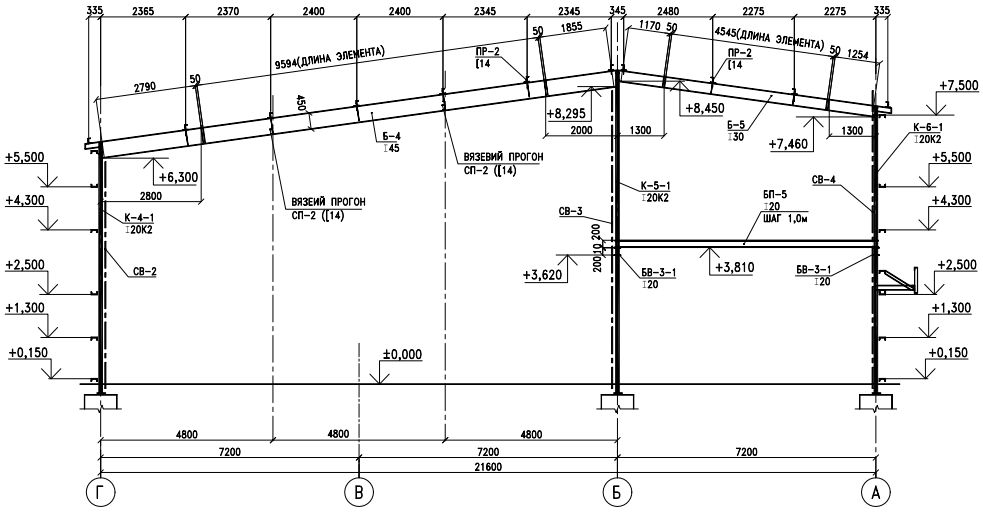


Рисунок 2.5 – Рама в осях Г-А по осі 8.

$H_{р4} = 0{,}45$ м

$H_{р5} = 0{,}3$ м

$H_{к4} = 6{,}3$ м

$H_{к5} = 8{,}295$ м

$H_{к6} = 7{,}46$ м

$L = 21.6м$

Конструкцію покриття прийнято утепленого типу з передачею навантаження на прогони. Геометричні параметри каркаса логістичного центу в осях 6-10 базуються на кроці колон 6,0 м уздовж будівлі. Впоперек осі будівлі крок колон є змінним: 7,2 м між осями А-Б та 14,4 м між осями Б-Г

Прийнята сітка колон відображена на рисунку 2.6.

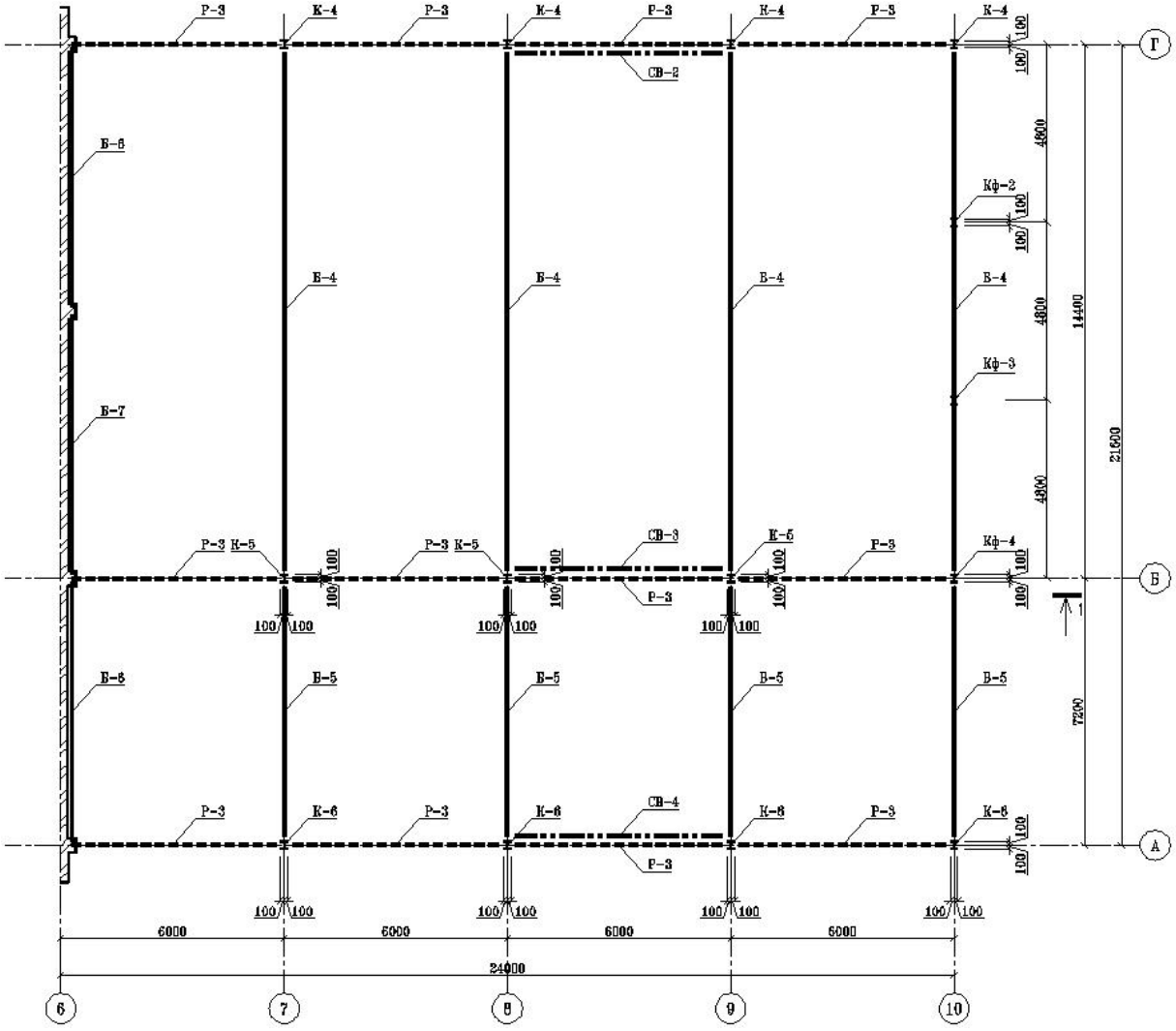


Рисунок 2.6 - План колон в осях 6-10.

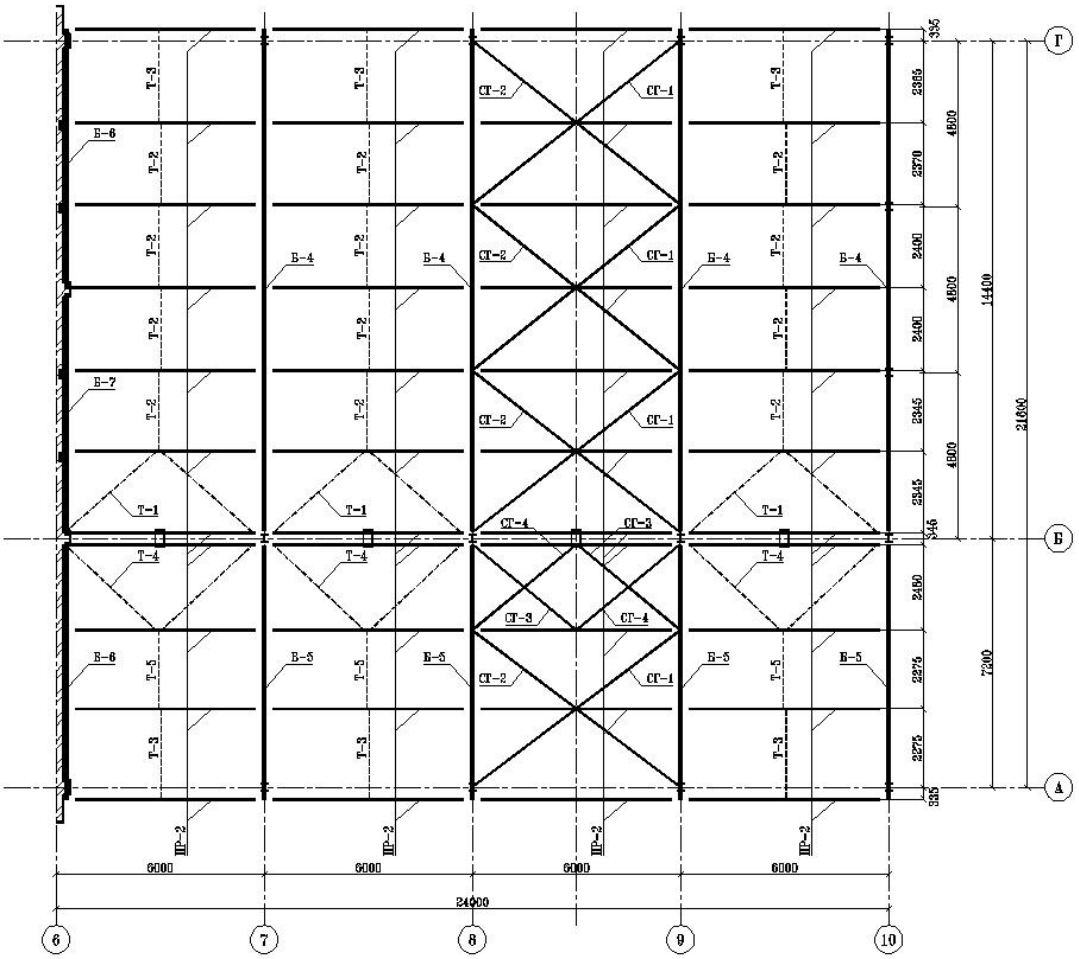


Рисунок 2.7 - Конструктивне рішення покрівельного каркаса: прогони та горизонтальні в’язі.

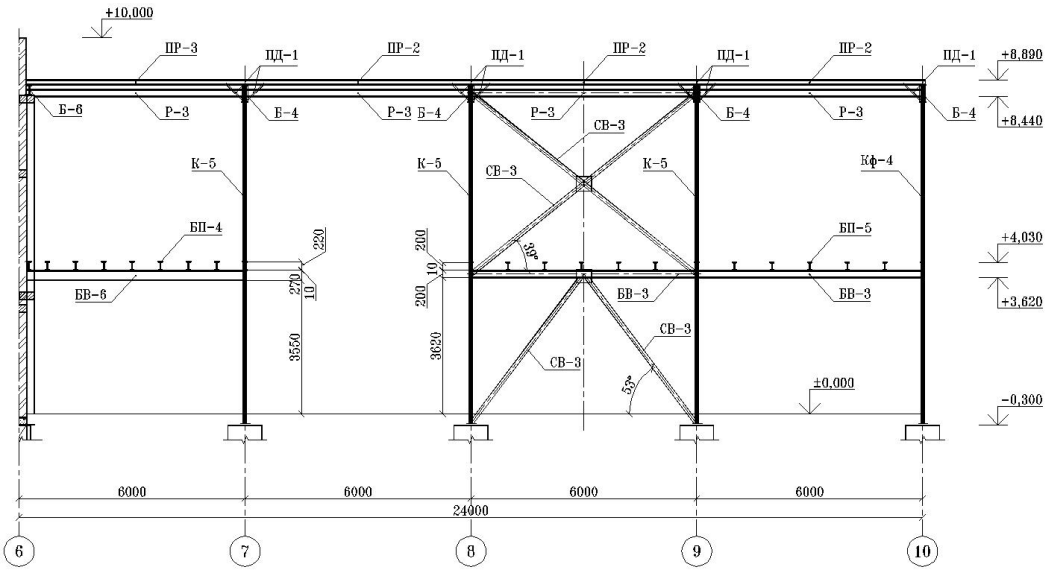


Рисунок 2.8 - Конструктивне рішення щодо розміщення вертикальних в’язевих елементів.

2.1.2 Визначення сумарних силових впливів на несучу раму в межах осей 1–6

У таблиці 2.1 представлено результати розрахунку сумарних навантажень на конструкції перекриття.

Таблиця 2.1 - Розрахункові силові впливи на рамну систему в осях 1–6

I	Постійні від конструкцій перекриття	Характеристичні значення, т/м^2	Коефіцієнт надійності γ_{fm}	т/м^2	
1	Власна вага перекриття без метав балок	-	-	0,445	
2	Метал. балки I20 крок 0.9м (21кг/0.9)	0,023333	1,05	0,025	
3	Навантаження від перегородок 0,05x1,3	0,05	1,3	0,065	
	Усього граничне навантаження			0,535	
II	Тимчасове навантаження для кабінетів суспільних будинків	0,2	1,3	0,26	
III	Зосереджене навантаження на колону по осі 3				
	при вантажній площі (7,4-0,9=6,5) 6,5м x 3.0м	19,5			
III.1	Постійна від конструкцій перекриття			10,4325	т
III.2	Тимчасова на перекриття			5,07	т
III	Зосереджене навантаження на колону по осі 5				
	при вантажній площі 6,5м x 6.0м	39			
III.1	Постійна від конструкцій перекриття			20,865	т
III.2	Тимчасова на перекриття			10,14	т
IV	Розподілена на балку БП-1 ширина навант. площі (м)	0,9			
1	Постійна			0,4815	тс/м

Вітрове навантаження:

Чисельний розрахунок каркаса виконано у програмному комплексі SCAD Office із застосуванням модуля ВЕСТ, з урахуванням вимог Зміни №1 до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»

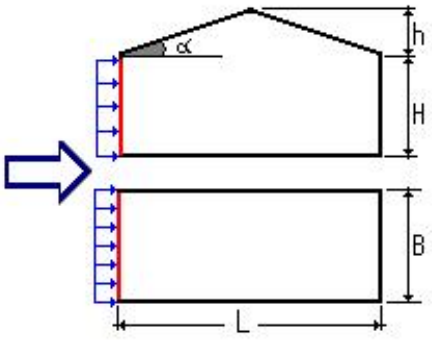
Таблиця 2.2 - Вихідні дані

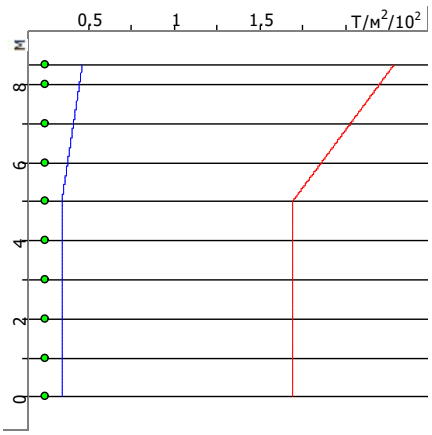
Вихідні дані	
Вітровий район	3
Характеристичне значення вітрового тиску	0,047 т/м^2
Тип місцевості	III - приміські й промислові зони й протяжні лісові масиви
Тип спорудження	Однопрогонові будинки без ліхтарів
Висота розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря	0,05 км
Старший період власних коливань менш 0,25 секунд	

Таблиця 2.3 - Параметри

Параметри		
Крок сканування	1 м	
Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням γ_{fm}	1,035	
Коефіцієнт надійності за експлуатаційнім розрахунковим значенням γ_{fe}	0,21	
H	8,52	м
B	22,6	м
h	2,3	м
L	48,6	м

Вітрове навантаження, що діє з лівого боку відносно осі 1





Таблиця 2.4 - Розрахункові показники

Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м^2)	Граничне значення (т/м^2)
0	0,003	0,017
1	0,003	0,017
2	0,003	0,017
3	0,003	0,017
4	0,003	0,017
5	0,003	0,017
6	0,004	0,019
7	0,004	0,02
8	0,004	0,022
8,52	0,005	0,023

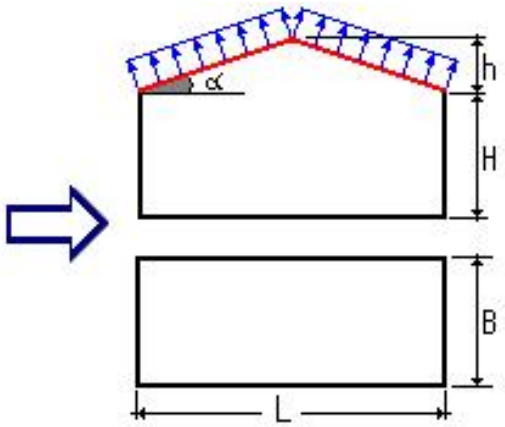
Відповідно до проектної схеми, крок рам прийнято 7,2 м. Розподілені лінійні навантаження, що діють на конструкцію по всій висоті до позначки ригеля, визначено згідно з даними таблиці 2.5. Також на рівні ригеля прикладено зосереджене навантаження від власної ваги парапету, висота якого складає 2,2 м.

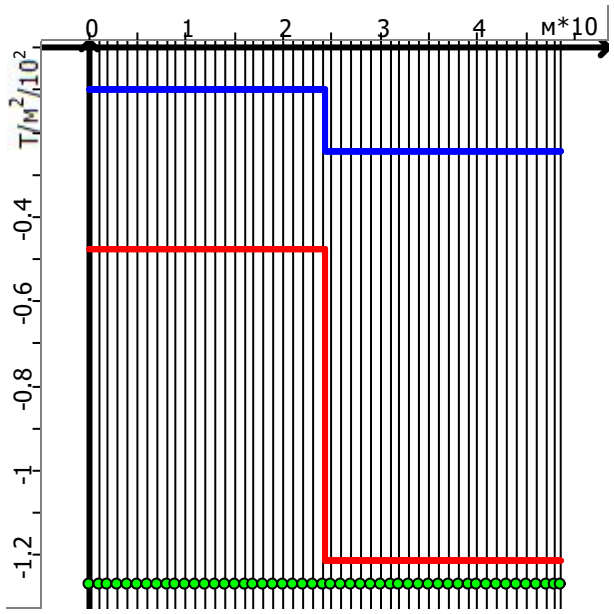
Таблиця 2.5 - Розрахунковий вплив вітрового потоку на колону в площині осі 1.

Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м)	Граничне значення (т/м) (для розрахунків по міцності)
0	0,003x7,2=0,022	0,017x7,2=0,122
1	0,022	0,122
2	0,022	0,122
3	0,022	0,122
4	0,022	0,122
5	0,022	0,122
6	0,029	0,137
Зосереджена у верхньому вузлі рами від парапету висотою 2,2м		
6,6	0,0045x7.2x2.2=0,071т	0,0225x7.2x2,2=0,356т

Навантаження від вітрового тиску, що діє на ригель рамної конструкції (осі 1–6) при напрямку вітру зліва

Відстань від краю покрівлі (м)	Експлуатаційне значення (т/м^2)	Граничне значення (т/м^2)
Від 0 до 24	-0,001	-0,005
Від 25 до 48,6	-0,002	-0,012





Проектна сітка рам становить 7,2 м. Передача навантаження на ригелі в осях 1–6 здійснюється через систему прогонів як зосереджені сили в місцях їх примикання. Розрахункова схема передбачає використання двох варіантів кроку прогонів: 1,5 м та 2,0 м. Для конструктивного рішення з кроком 1,5 м значення прикладених навантажень становить:

- Граничний розрахунковий показник

$$P_1 = 0{,}005x7{,}2x1{,}5 = 0{,}054тс \quad (2.1)$$

- У крайньому прольоті, при кроці прогонів 1,5 м, розрахункові значення зусиль становлять:

$$P_{1-1} = 0{,}054/2 = 0{,}027тс \quad (2.2)$$

При розрахунковому кроці прогонів 2,0 м, прикладене навантаження становить:

- Граничний показник розрахунку

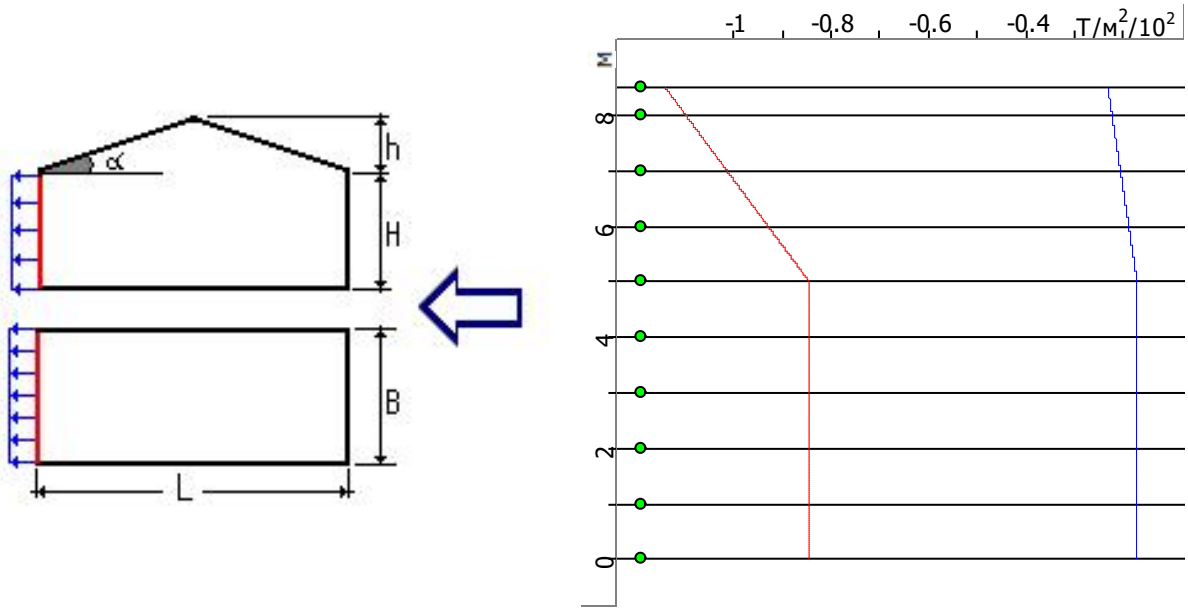
$$P_2 = 0{,}005x7{,}2x2{,}0 = 0{,}072тс$$

- Для крайньої секції будівлі з кроком прогонів 2,0 м розрахункове

зусилля становить:

$$P_1 = 0{,}072/2 = 0{,}036\text{тс}$$

Вітровий вплив з правого боку відносно осі 1 враховано при розрахунку рамної конструкції. Прийнятий крок рам становить 7,2 м. У межах висоти до позначки низу парапету (рівень ригеля) на раму передається рівномірно розподілене лінійне навантаження, параметри якого зведено в таблицю 2.7. Окрім того, у площині ригеля прикладено зосереджене навантаження, зумовлене власною вагою парапетного огородження висотою 2,2 м.



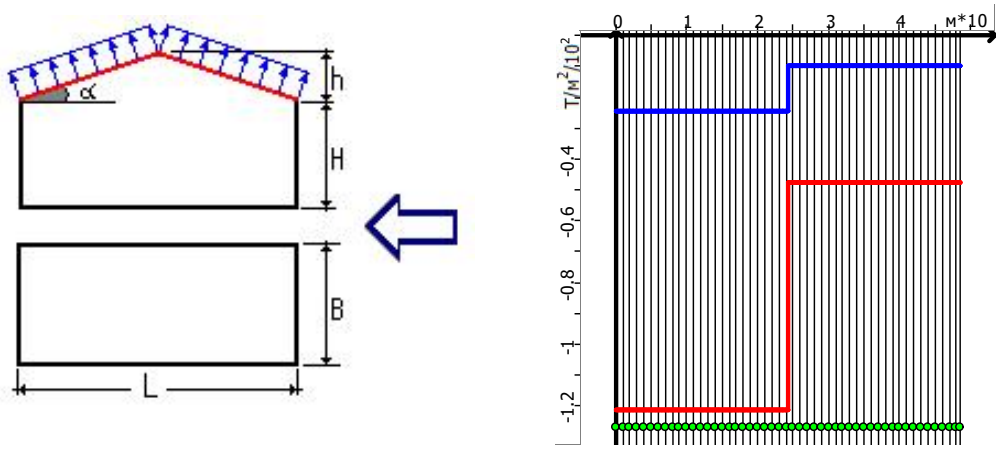
Таблиця 2.6 - Розрахункові показники

Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м^2)	Граничне значення (т/м^2)
0	-0,002	-0,008
1	-0,002	-0,008
2	-0,002	-0,008
3	-0,002	-0,008
4	-0,002	-0,008
5	-0,002	-0,008
6	-0,002	-0,009
7	-0,002	-0,01
8	-0,002	-0,011
8,52	-0,002	-0,011

Таблиця 2.7 - Навантаження від вітрового тиску, що діє в межах осі 1

Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м)	Граничне значення (т/м) (для розрахунків по міцності)
0	-0,002x7,2=0,014	-0,008x7,2=-0,058
1	-0,014	=-0,058
2	-0,014	=-0,058
3	-0,014	=-0,058
4	-0,014	=-0,058
5	-0,014	=-0,058
6	-0,014	-0,065
Зосереджена у верхньому вузлі рами від парапету висотою 2,2м		
6,6	-0,002x7.2x2.2=-0,032т	-0,011x7.2x2,2=-0,174т

Вітровий вплив з правого боку, прикладений до ригеля рам у межах осей 1-6



Відстань від краю покрівлі (м)	Експлуатаційне значення (т/м^2)	Граничне значення (т/м^2)
Від 0 до 24	-0,002	-0,012
Від 25 до 48,6	-0,001	-0,005

Конструктивна схема каркаса базується на кроці рам 7,2 м. У межах осей 1-6 навантаження на ригелі моделюється як система зосереджених сил, прикладених у вузлах обпирання прогонів. Розрахунки виконано для двох варіантів кроку прогонів - 1,5 м та 2,0 м. Для конструктивного рішення з кроком 1,5 м розрахункові величини навантажень становлять:

- Граничне зусилля

$$P_1 = -\ 0{,}012\text{x}7{,}2\text{x}1{,}5 = -\ 0{,}13\text{тс}$$

- Для крайньої секції рам за умови кроку прогонів 1,5 м

$$P_{1-1} = -\ 0{,}13/2 = -\ 0{,}065\text{тс}$$

Для прогонової системи з кроком 2,0 м навантаження становить:

- Граничне зусилля

$$P_2 = -\ 0{,}012\text{x}7{,}2\text{x}2{,}0 = -\ 0{,}173\text{тс}$$

- Для крайньої секції рам за умови кроку прогонів 1,5 м

$$P_{2-1} = -\ 0{,}173/2 = -\ 0{,}087\text{тс}$$

2.1.3 Статичний аналіз рамної конструкції в осях 1-6

Статичний аналіз рамної системи логістичного цетру проведено із застосуванням програмного комплексу SCAD Office. На основі розробленої розрахункової моделі (див. рис. 2.9) отримано значення внутрішніх зусиль у несучих елементах каркаса.

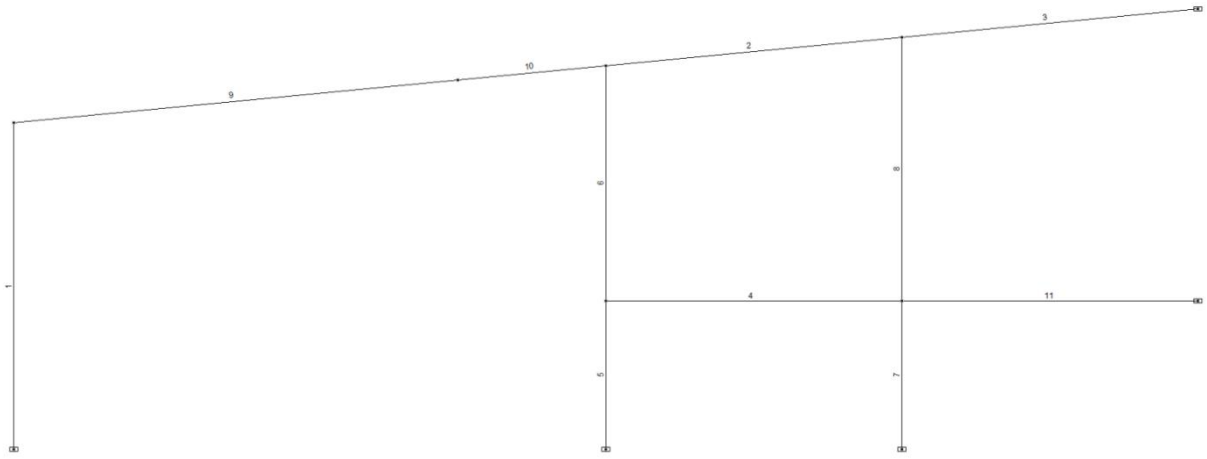


Рисунок 2.9 - Нумерація елементів.

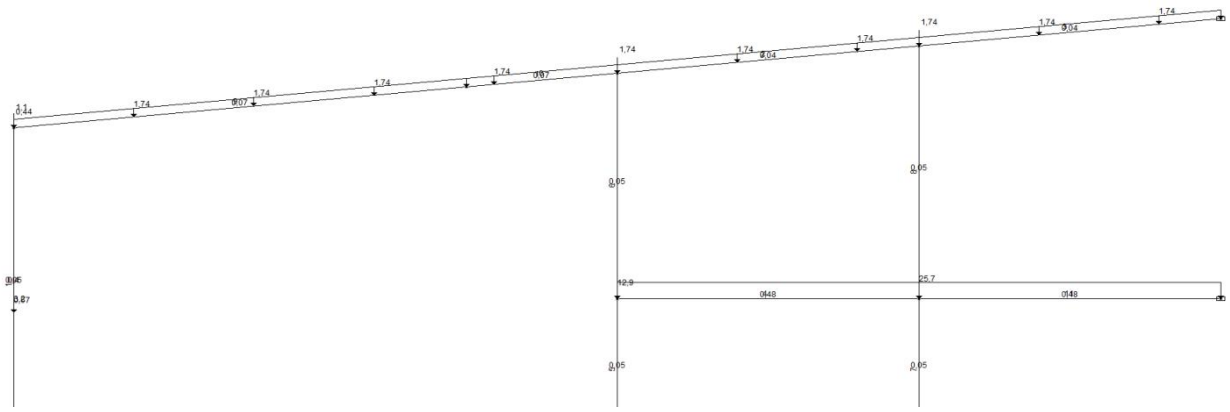


Рисунок 2.10 – Постійне навантаження.

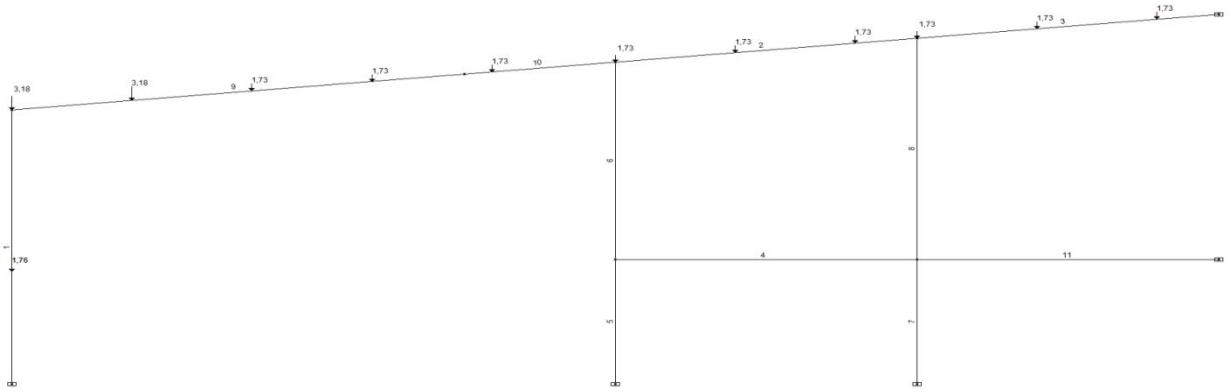


Рисунок 2.11 – Снігове навантаження.

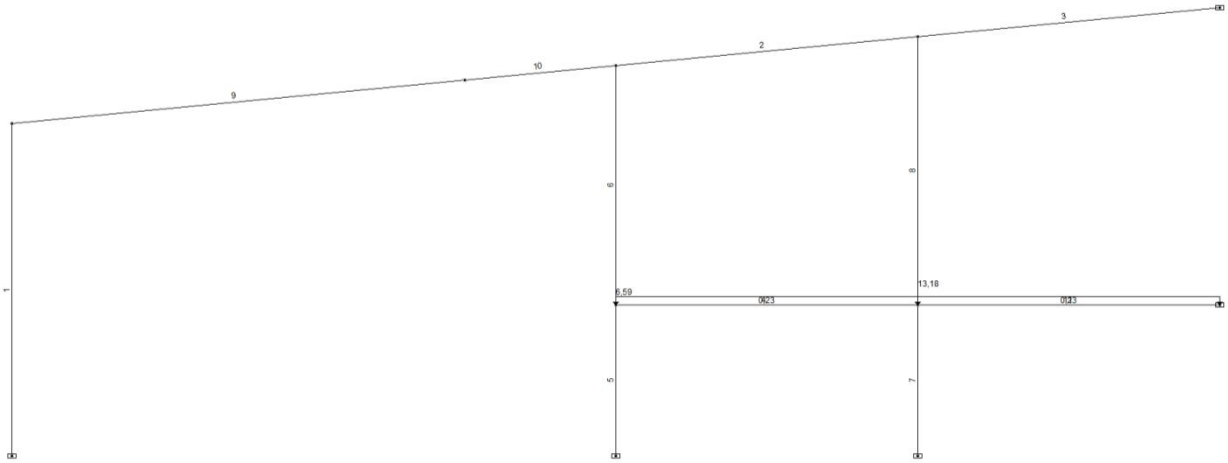


Рисунок 2.12 – Корисне навантаження

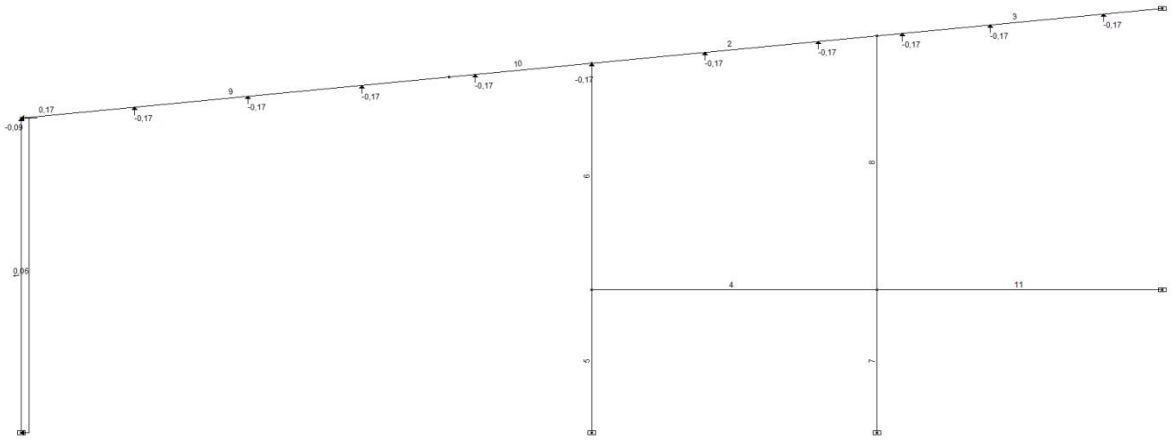
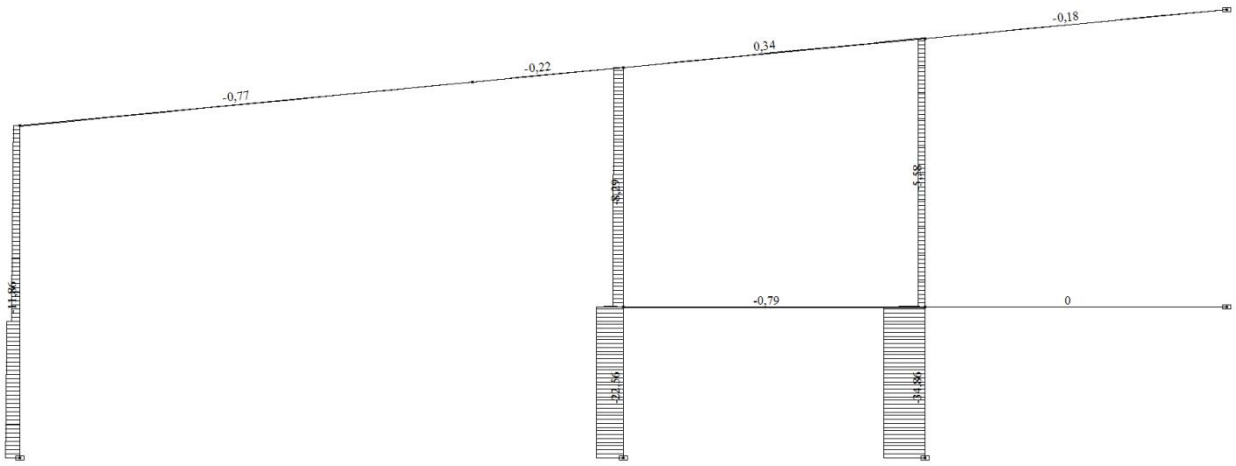
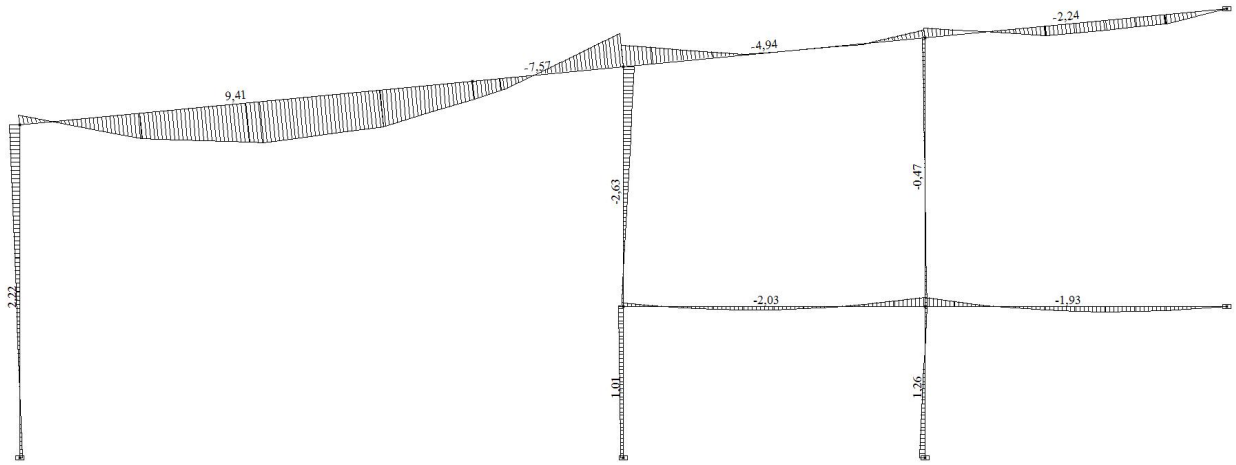


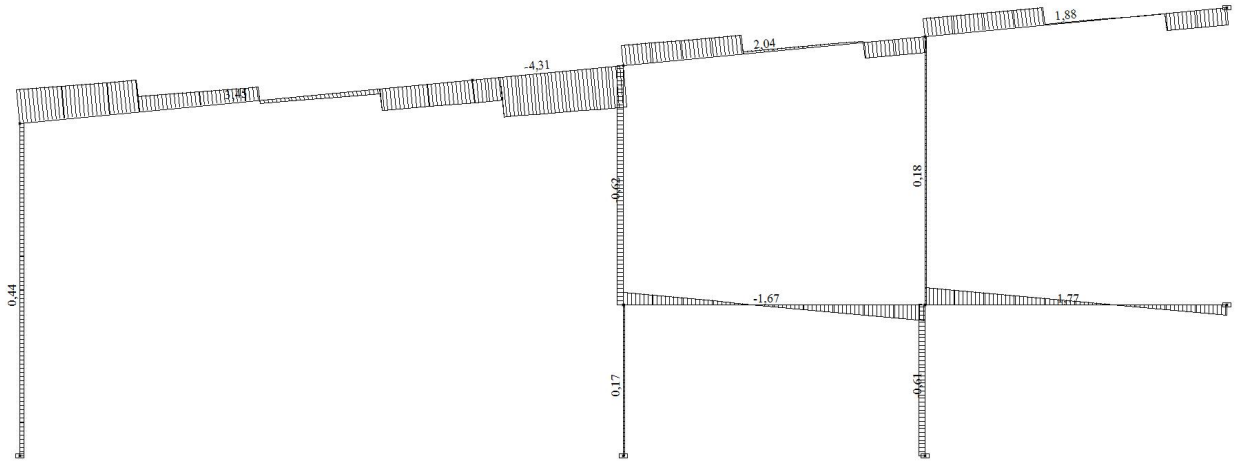
Рисунок 2.13 – Вітер.



N

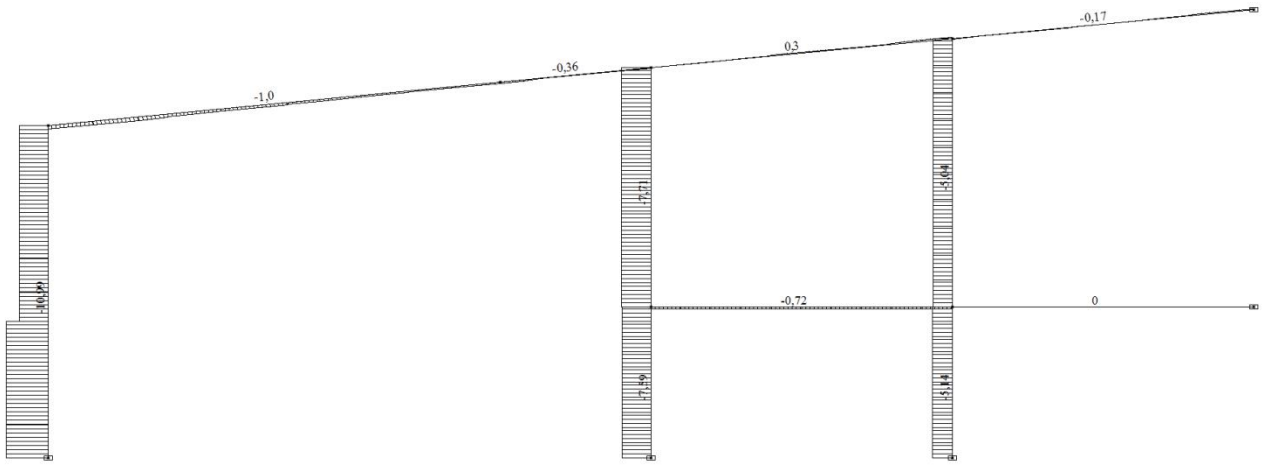


M

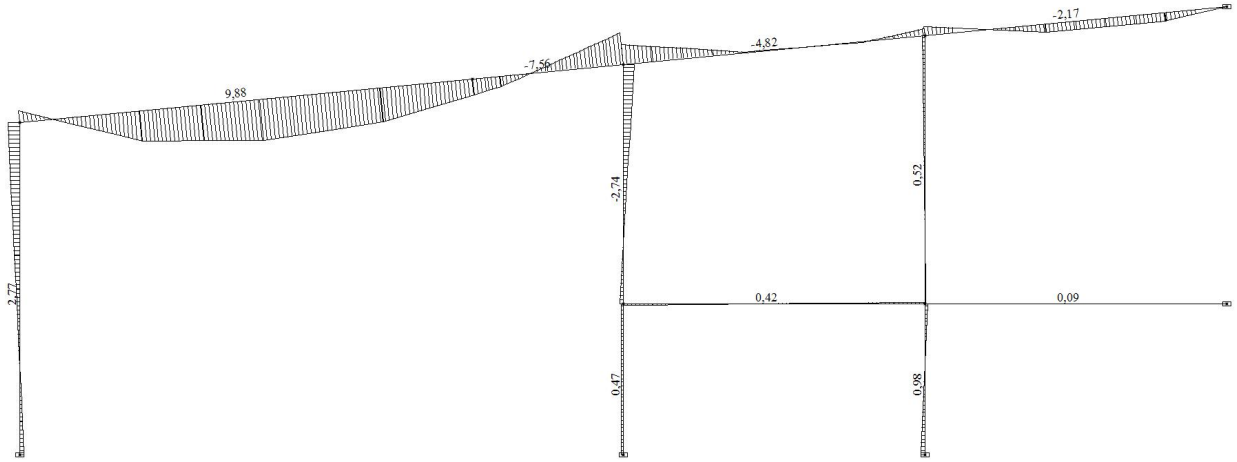


Q

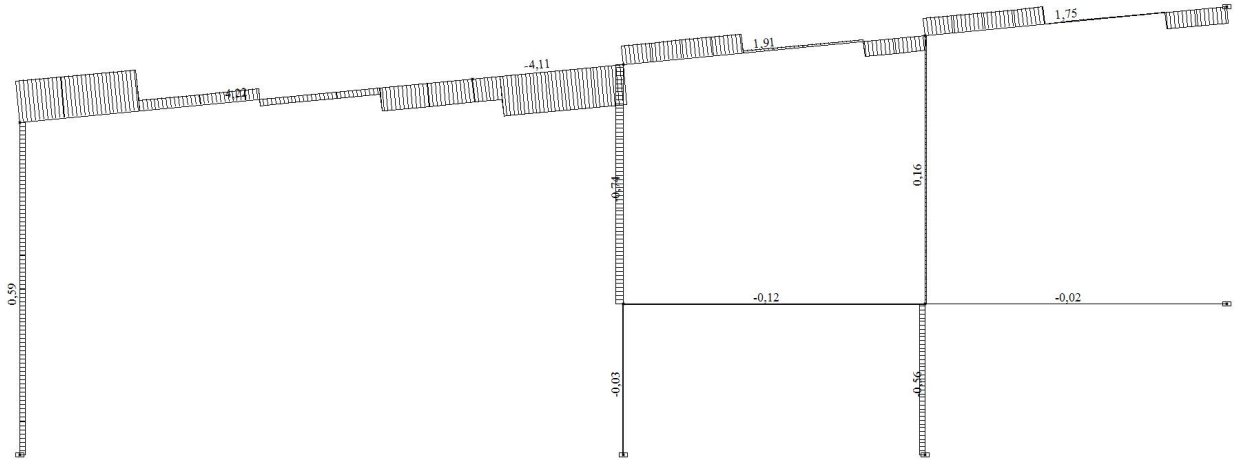
Рисунок 2.14 – Графічне відображення внутрішніх зусиль N, M, Q від дії постійного навантаження.



N

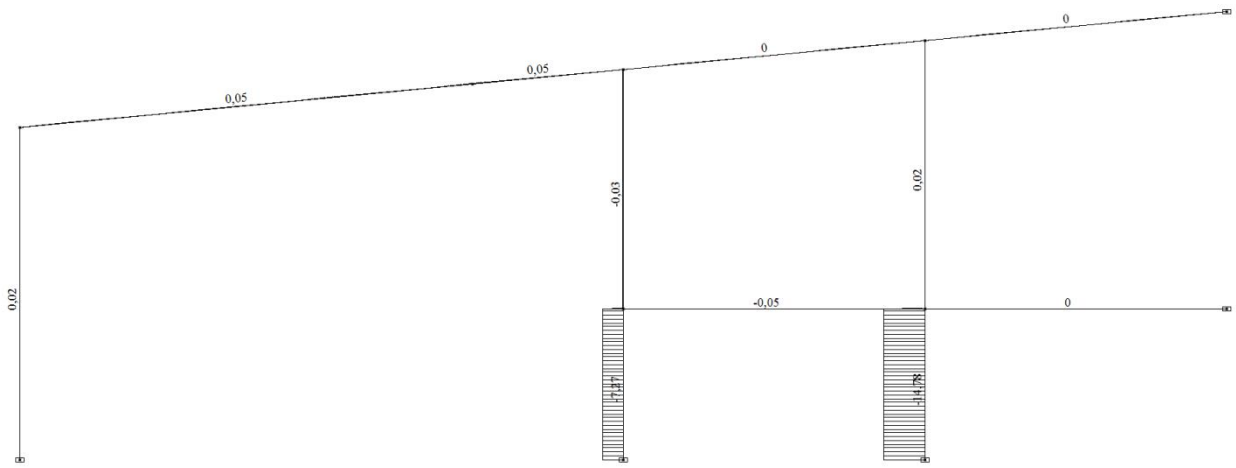


M

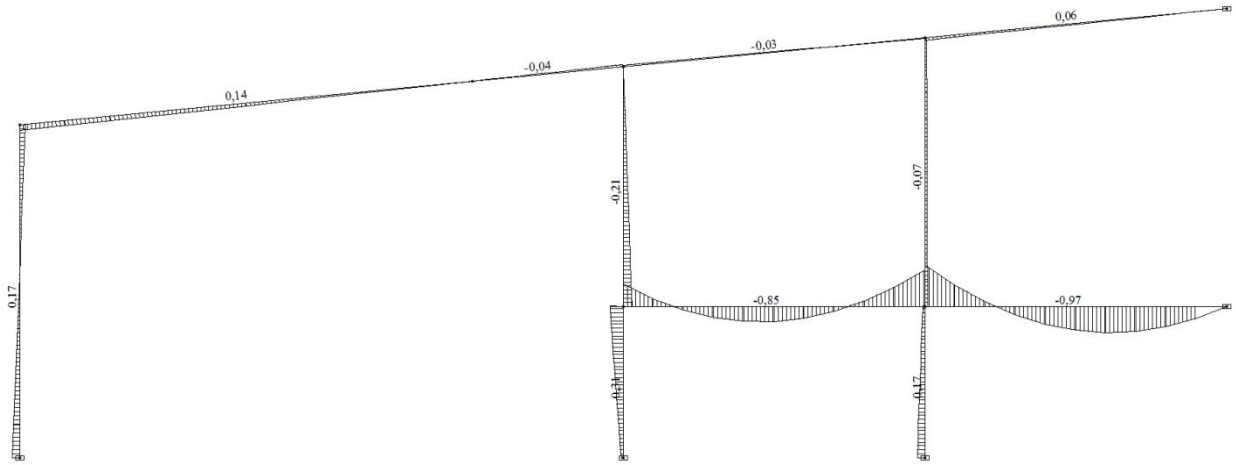


Q

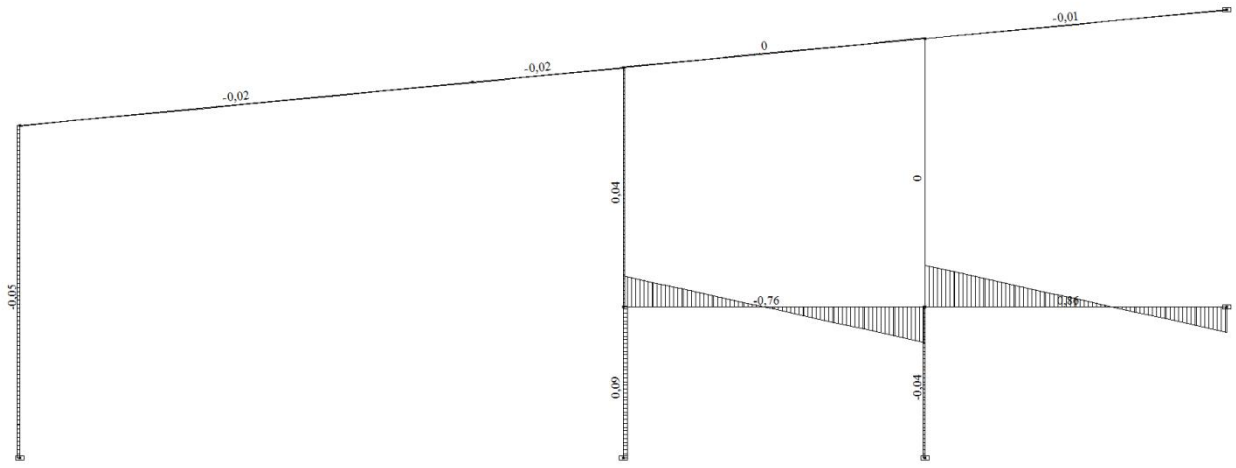
Рисунок 2.15 – Графічне відображення внутрішніх зусиль N, M, Q від дії снігового навантаження.



N

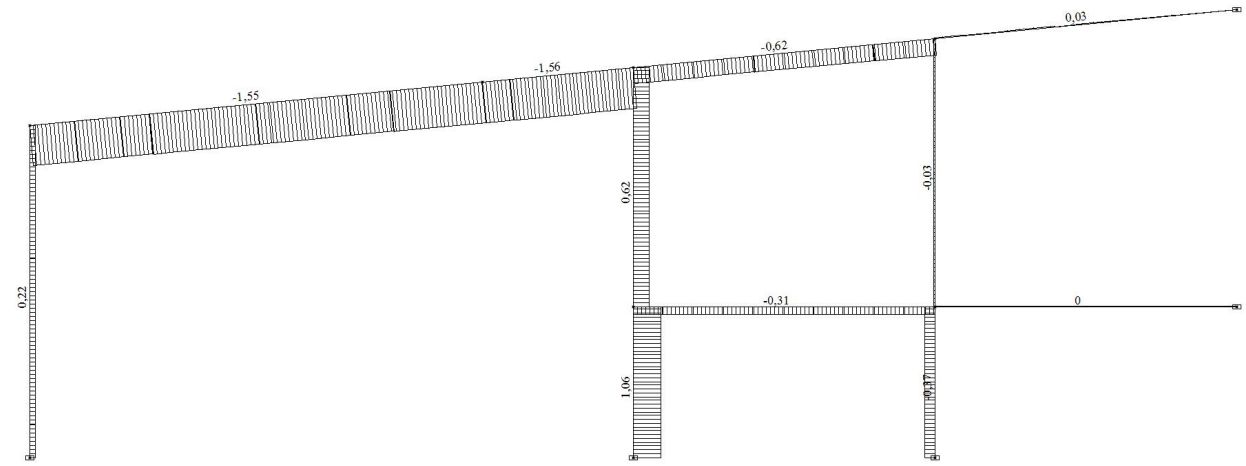


M

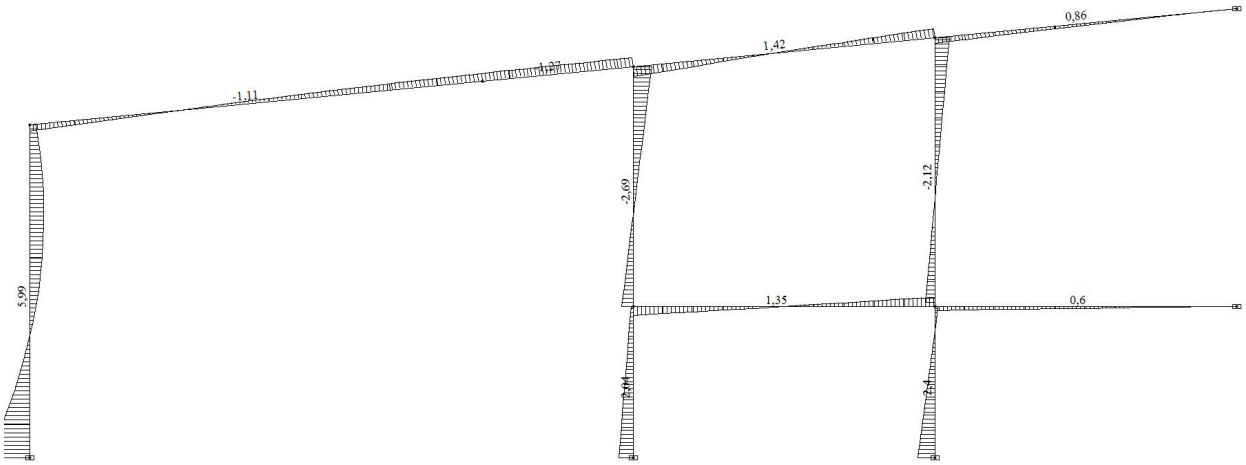


Q

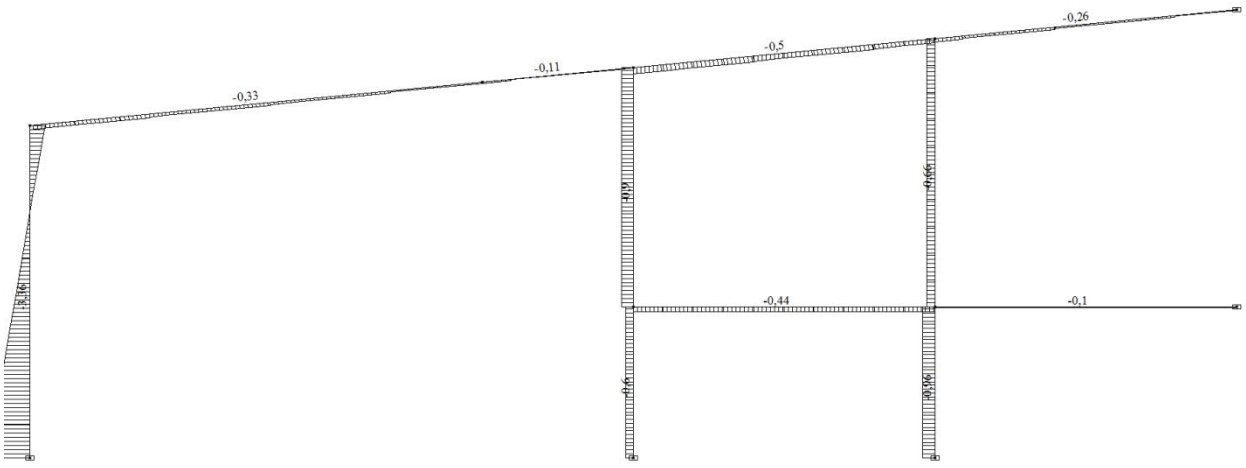
Рисунок 2.16 – Графічне відображення внутрішніх зусиль N, M, Q від дії корисного навантаження.



N



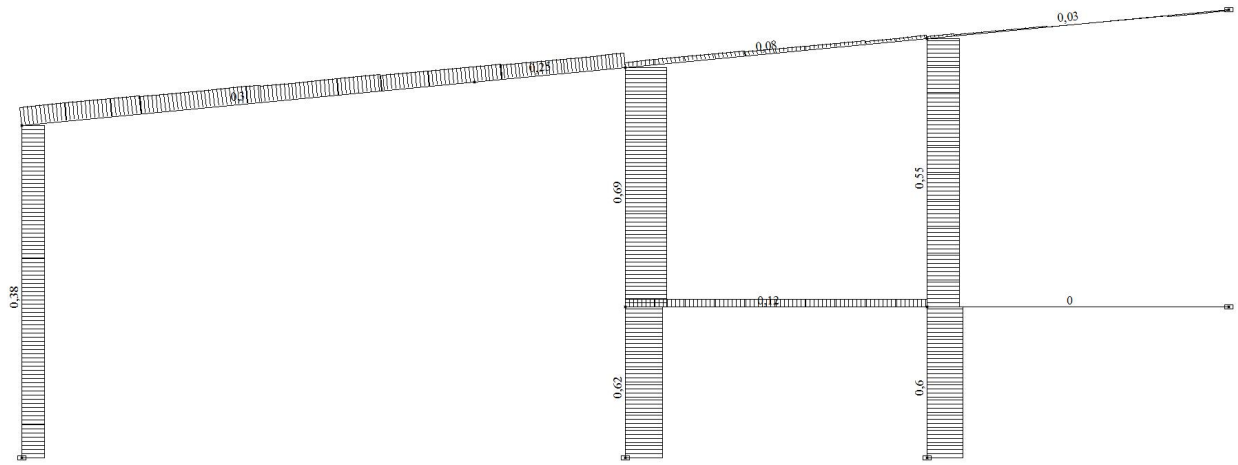
M



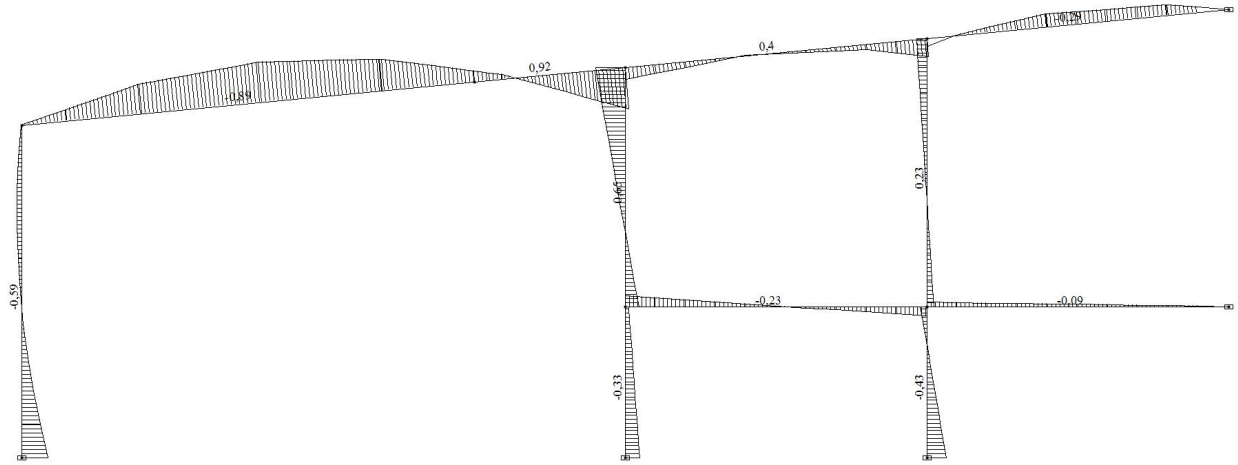
Q

Рисунок 2.17 – Силові фактори (*N, M, Q*) при вітрі ліворуч

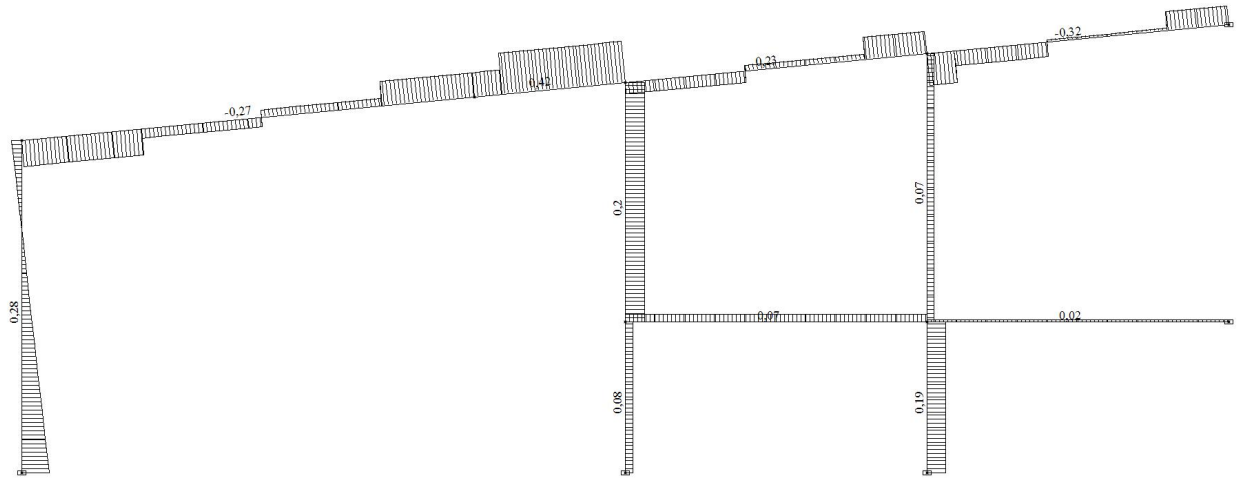
.



N



M



Q

Рисунок 2.18 – Силові фактори (*N, M, Q*) при вітрі праворуч.

2.1.4 Розрахунок міцності та стійкості конструктивних елементів рами осі 1-6

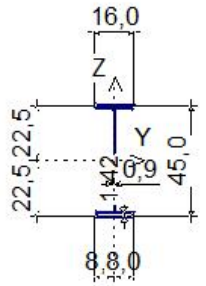
Результати статичного аналізу стали основою для перевірки міцності, стійкості та жорсткості елементів каркаса. Виконані розрахунки підтверджують обґрунтованість прийнятих конструктивних рішень та гарантують надійну експлуатацію будівлі логістичного центру.

Ригель (RIGEL-1)

Розрахункові результати

Перевірене за ДБН	**Фактор**	**Коефіцієнти використання:**
п.9.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,64
п.9.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,16
п.9.2.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без врахування пластики	0,65
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,03
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,02
пп.9.2.9, 9.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,2
п.9.2.4,9.2.5, 9.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,66
п.9.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,7
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,64
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,43

Коефіцієнт використання 0,7 - стійкість плоскої форми вигину

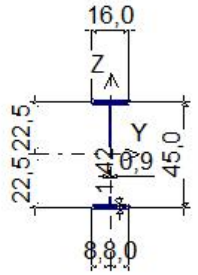
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 т/м^2 Коефіцієнт умов роботи - 1,0 Гранична гнучкість - 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 - 0,33 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 - 1,3 Довжина елемента - 9,05 м	 **Переріз** Двотавр з ухилом полиць

Ригель (RIGEL-1-2)

Розрахункові результати

Перевірене за ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання:
п.9.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,54
п.9.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,18
п.9.2.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,55
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,01
п.2.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0
пп.9.2.9, 9.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,13
9.2.4,9.2.5, 9.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,55
п.9.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,54
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,32
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,11

За результатами розрахунку на стійкість із площини дії моменту M_y (позацентровий стиск), рівень використання несучої здатності елемента складає 0,55

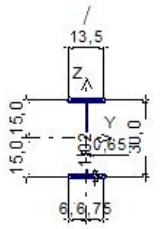
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 т/м^2 Коефіцієнт умов роботи - 1,0 Гранична гнучкість - 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 - 0,5 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 - 1,0 Довжина елемента - 3,0 м	 **Переріз** Двотавр з ухилом полиць 45

Ригель (RIGEL-2)

Розрахунковий результат

Перевірене за ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.9.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,88
п.9.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,17
п.9.2.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,88
п.9.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0
п.9.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0
пп.9.2.9, 9.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,08
пп.9.2.4,9.2.5, 9.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,88
п.9.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,93
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,6
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,33

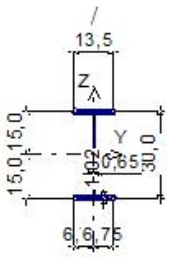
За умовою стійкості плоскої форми згину коефіцієнт використання перерізу становить 0,93

Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 Т/м^2 Коефіцієнт умов роботи - 1,0 Гранична гнучкість - 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 - 0,4 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 - 1,0 Довжина елемента - 6,03 м	 **Переріз** Двотавр з ухилом полиць 30

Ригель (RIGEL-3)

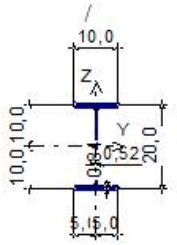
Розрахунковий результат

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.9.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,4
п.9.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,15
п.9.2.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,4
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0
пп.9.2.9, 9.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,05
пп.9.2.4,9.2.5, 9.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,4
п.9.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,42
п.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,6
п. 9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,33

Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 Т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,4 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 6,03 м	 **Переріз** Двутавр з ухилом полиць 30

При перевірці на відповідність вимогам щодо граничної гнучкості X1,O,Y1 в площині рами отримано коефіцієнт 0,6X1,O,Y1.

Ригель(RIGEL-4)

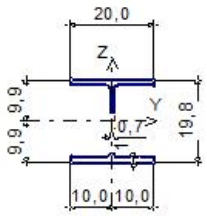
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,1 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 12,0 м	 **Переріз** Двотавр з ухилом полиць 20

Розрахункові результати

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.9.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,98
п.9.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,23
п.9.2.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	**1,01**
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,03
п.9.2.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,09
пп.9.2.9, 9.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,52
пп.9.2.4,9.2.5, 9.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	**1,02**
п.1.5.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,98
п.1.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,39
п.1.9.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,97

За критерієм стійкості з площини дії моменту M_y (позацентровий стиск) коефіцієнт використання складає 1,02

Група KOLONI. Елемент №1

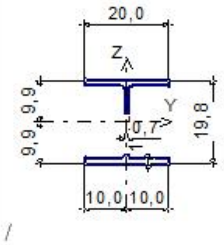
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,6 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 6,6 м	 **Переріз** Двотавр колонний за 20 К2

Розрахункові результати

Перевірене по ДБН	**Фактор**	**Коефіцієнти використання :**
п.8.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,51
п.8.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,17
п.8.1.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,59
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,23
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,22
пп.8.2.9, 8.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,6
пп.8.2.4,8.2.5, 8.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,7
п.8.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,51
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,52
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,51

При перевірці стійкості елемента з площини дії моменту M_y (позацентровий стиск) отримано значення 0,7

Група KOLONI. Елемент №5

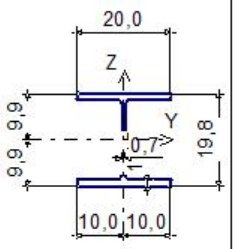
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,6 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 3,0 м	 **Переріз** Двотавр колонний (К) 20 К2

Розрахунковий результат

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.8.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,27
п.8.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,02
п.8.1.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,52
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,28
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,28
пп.8.2.9, 8.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,5
пп.8.2.4,8.2.5, 8.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,46
п.8.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,27
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,24
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,23

При перевірці міцності перерізу на дію поздовжньої сили та згинальних моментів (пружна стадія роботи) отримано коефіцієнт 0,52

Група KOLONI. Елемент №6

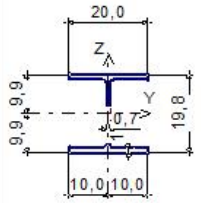
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 Т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,6 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 4,75 м	 **Переріз** Двотавр колонний (К) 20 К2

Розрахунковий результат

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.8.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,72
п.8.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,12
п.8.1.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,82
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,14
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,13
пп.8.2.9, 8.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,77
пп.8.2.4,8.2.5, 8.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,8
п.8.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,72
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,37
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,37

За критерієм міцності при сумісній дії поздовжньої сили та згинальних моментів (без врахування пластичного резерву) коефіцієнт використання становить 0,82.

Група KOLONI. Елемент №7

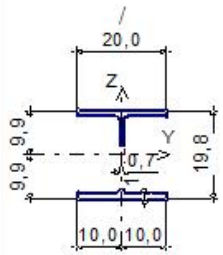
Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 Т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,6 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 3,0 м	 **Переріз** Двотавр колонний (К) 20 К2

Розрахунковий результат

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.8.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,43
п.8.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,12
п.8.1.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,81
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,41
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,41
пп.8.2.9, 8.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,79
пп.8.2.4,8.2.5, 8.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,72
п.8.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,43
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,24
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,23

При розрахунку несучої здатності елемента на дію поздовжньої сили та згинальних моментів без урахування пластичних деформацій отримано коефіцієнт 0,81

Група KOLONI. Елемент №8

Розрахунковий опір сталі Ry= 24500,0 Т/м^2 Коефіцієнт умов роботи -- 1,0 Гранична гнучкість -- 150,0 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Y1 -- 0,6 Коефіцієнт розрахункової довжини в площині X1,Z1 -- 1,0 Довжина елемента -- 5,32 м	 **Переріз** Двотавр колонний (К) 20 К2

Розрахунковий результат

Перевірене по ДБН	Фактор	Коефіцієнти використання :
п.8.2.1	міцність при дії згинального моменту My	0,16
п.8.2.1	міцність при дії поперечної сили Qz	0,03
п.8.1.1	міцність при спільній дії поздовжньої сили й згинальних моментів без обліку пластики	0,19
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0,09
п.8.1.3	стійкість при стиску в площині X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0,09
пп.8.2.9, 8.2.10	стійкість у площині дії моменту My при позацентровому стиску	0,19
пп.8.2.4,8.2.5, 8.2.8	стійкість із площини дії моменту My при позацентровому стиску	0,2
п.8.4.1	стійкість плоскої форми вигину	0,16
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Y1	0,42
п.8.4.1	гранична гнучкість у площині X1,O,Z1	0,41

При перевірці на відповідність вимогам щодо граничної гнучкості в площині X1,O,Y1 отримано коефіцієнт 0,42.

2.1.5 Визначення сумарних навантажень на рамний каркас у межах осей 6-10

Таблиця 2.7 - Силові впливи на ділянку каркаса, розміщену в осях 6-10.

I	Постійні від конструкцій перекриття	Характеристичне нав. т/м^2	Коефіцієнт надійності,γ_{fm}	т/м^2				
1	Власна вага перекриття без метал. балок	-	-	0,445				
2	Метал. балки I20 крок 0.9м (21кг/0.9)	0,023333	1,05	0,025				
3	Навантаження від перегородок 0,05х1,3	0,05	1,3	0,065				
	Усього граничне навантаження			0,535				
II	Тимчасове навантаження для кабінетів суспільних будинків	0,2	1,3	0,26				
III	Зосереджене навантаження на колону по осі Б							
	при вантажній площі (6,0-0,49=5,51) 5,51мх3.6м	19,836						
III.1	Постійна від конструкцій перекриття			10,61226	т+вага балки довжиною 6/2=3м		0,06615	10,67841
III.2	Тимчасова на перекриття			5,15736	т			5,15736
IV	Розподілена на балку БП-1 ширина нав. площі (м)	0,49						
1	Постійна			0,26215	тс/м			
2	Тимчасова			0,1274	тс/м			
	Навантаження від стінових сендвіч - панелей							
	Висотою 1.2м профнастил з двох сторін	1,20	0,0098	1,05	2	6	0,148176	
	товщина утеплювача	0,15	0,11	1,2			0,14256	
	Усього						0,290736	
	Висотою 1.8м профнастил з двох сторін	1,80	0,0098	1,05	2	6	0,222264	
	товщина утеплювача	0,15	0,11	1,2			0,21384	
	Усього						0,436104	

Тимчасові навантаження

Вітрове навантаження:

Статичний розрахунок виконано в програмному комплексі SCAD Office (модуль ВЕСТ) з урахуванням вимог Зміни №1 до ДБН В.1.2-2:2006.

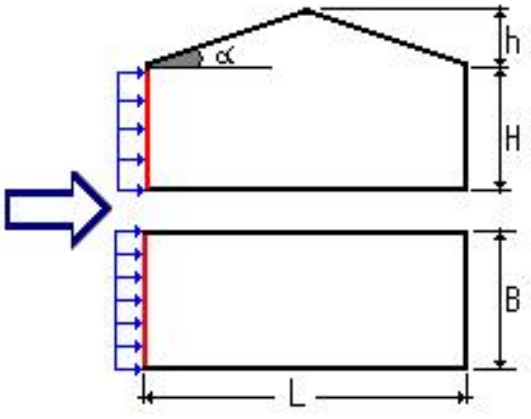
Таблиця 2.8 - Вихідні дані

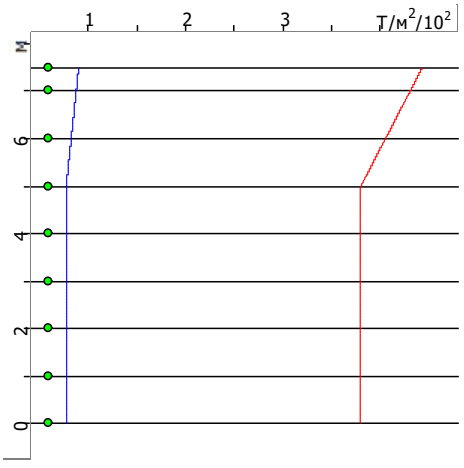
Вихідні дані	
Вітровий район	3
Характеристичне значення вітрового тиску	0,047 т/м^2
Тип місцевості	III - приміські й промислові зони й протяжні лісові масиви
Тип споруди	Однопрогонові будинки без ліхтарів
Висота розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря	0,05 км

Таблиця 2.9 – Параметри

Параметри		
Крок сканування	1 м	
Коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням γ_{fm}	1,035	
Коефіцієнт надійності за експлуатаційнім розрахунковим значенням γ_{fe}	0,21	
H	7,5	м
B	48,6	м
h	2,1	м
L	22,2	м

Вітровий вплив зліва





Таблиця 2.10 – Розрахонкові результати

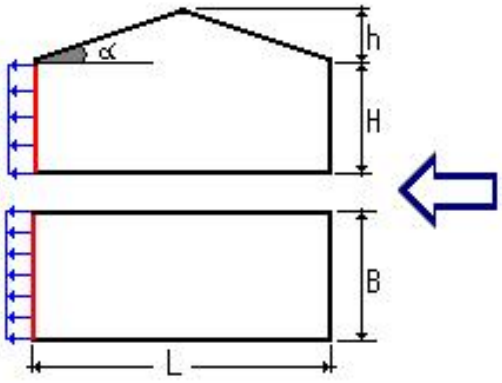
Висота (м)	Експлуатаційне значення (т/м^2)	Граничне значення (т/м^2)
0	0,008	0,038
1	0,008	0,038
2	0,008	0,038
3	0,008	0,038
4	0,008	0,038
5	0,008	0,038
6	0,008	0,041
7	0,009	0,043
7,5	0,009	0,044

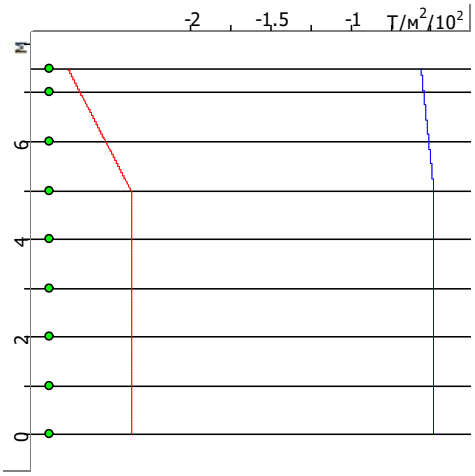
Розподіл вітрового впливу здійснюється через сендвіч-панелі на стінові прогони, з яких навантаження акумулюється на крайніх колонах рами (крок рам — 6,0 м). Прогони встановлено з таким кроком:

Крок прогонів, м	Зосереджене навантаження
1.2	1.2x6.0x0,038=0,273тс
1.8	=0,410тс

У верхньому вузлі рами діє зосереджене зусилля, що включає власну вагу стінового огородження (сендвіч-панелей) та елементів покрівельного звису, з величиною:

$$2{,}0 \times 6{,}0 \times 0{,}043 = 0{,}526 \text{ тс}$$





Таблиця 2.11 – Розрахункові результати

Висота (м)	Експлуатаційне значення (Т/м^2)	Граничне значення (Т/м^2)
0	-0,005	-0,024
1	-0,005	-0,024
2	-0,005	-0,024
3	-0,005	-0,024
4	-0,005	-0,024
5	-0,005	-0,024
6	-0,005	-0,025
7	-0,005	-0,027
7,5	-0,006	-0,028

2.1.6 Статичний аналіз рамної конструкції на ділянці осей 6-10

Розрахункова модель рами логістичного центру реалізована в середовищі SCAD Office. Результати статичного розрахунку, що відображені на схемі (рис. 2.18), дозволили встановити значення зусиль, що діють у несучих елементах будівлі.

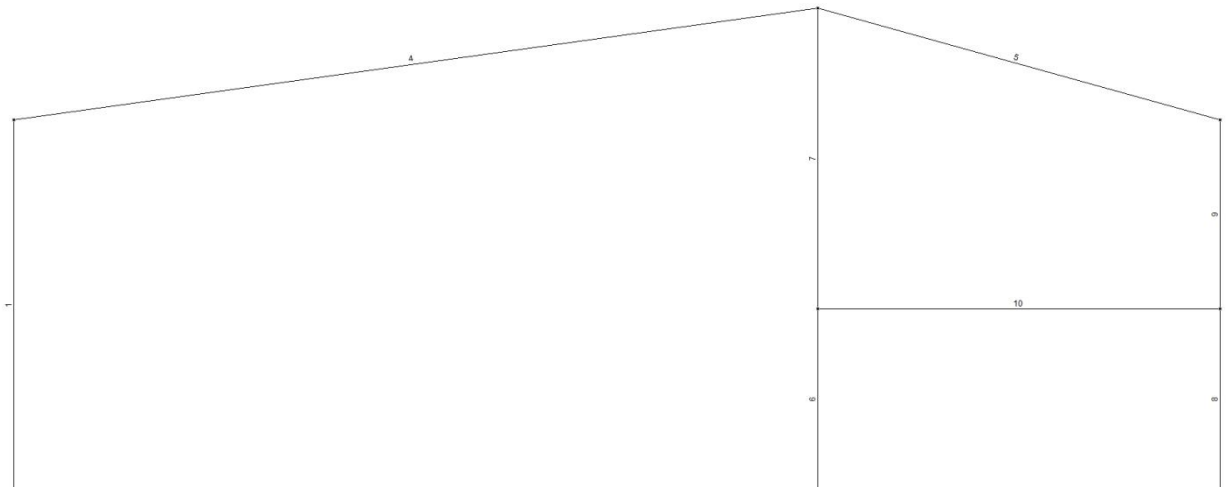


Рисунок 2.18 - Схема нумерації елементів рами (осі 6-10).

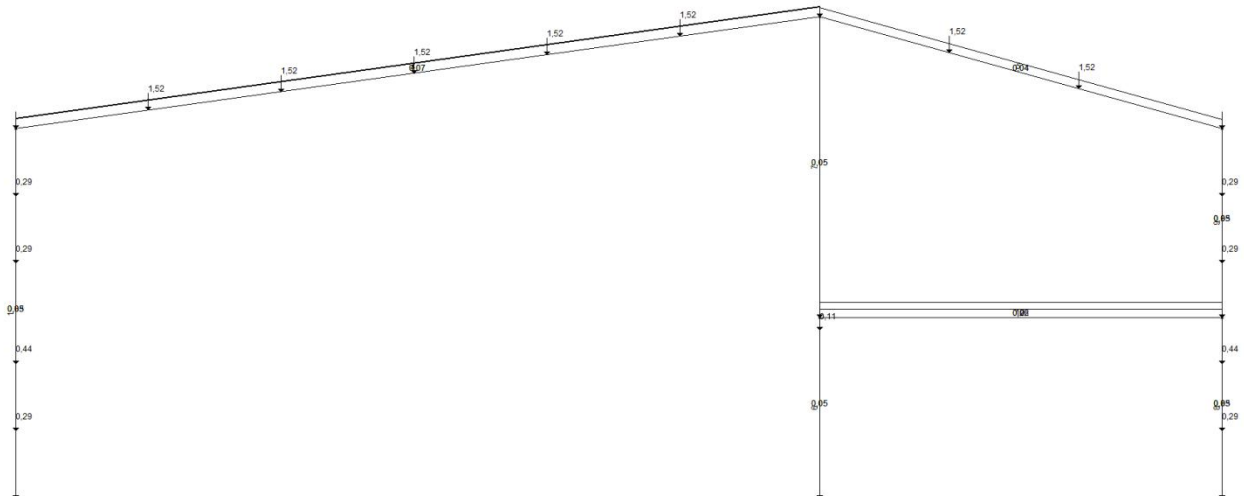


Рисунок 2.19 – Постійні навантаження, що діють на рамну конструкцію в осях 6-10

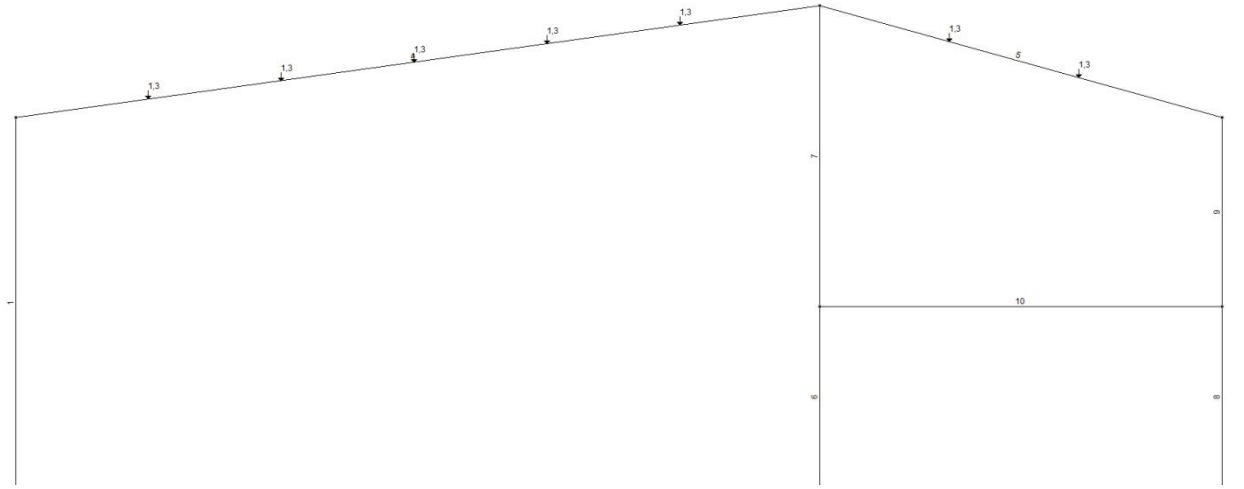


Рисунок 2.20 – Розподіл снігового навантаження по ділянці каркаса в межах осей 6-10.

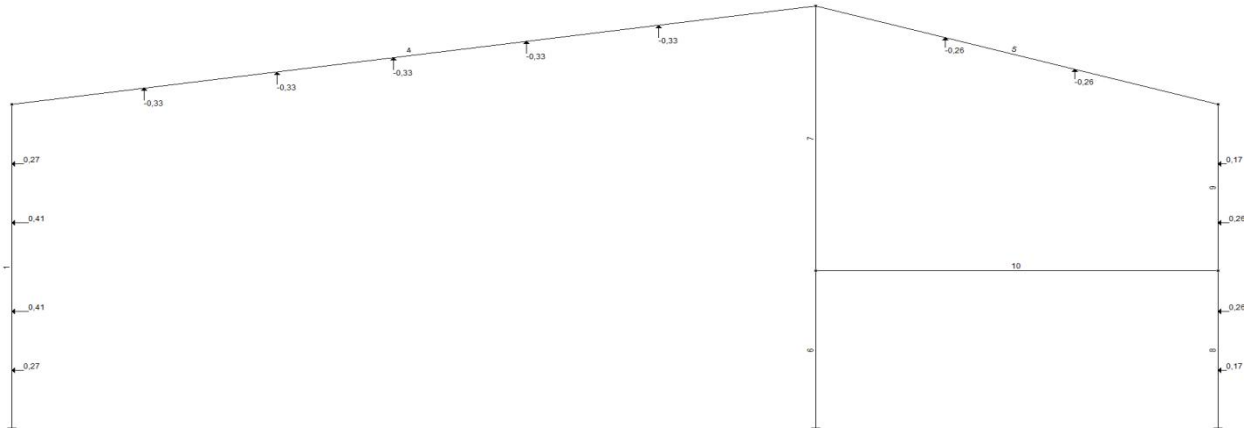


Рисунок 2.21 – Розподіл вітрового навантаження по ділянці каркаса в межах осей 6-10.

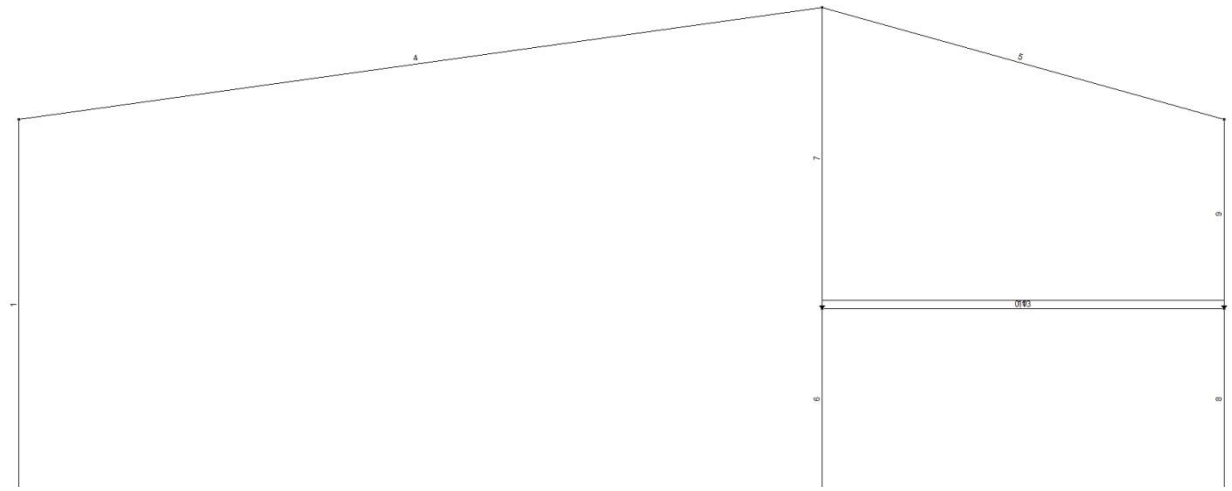
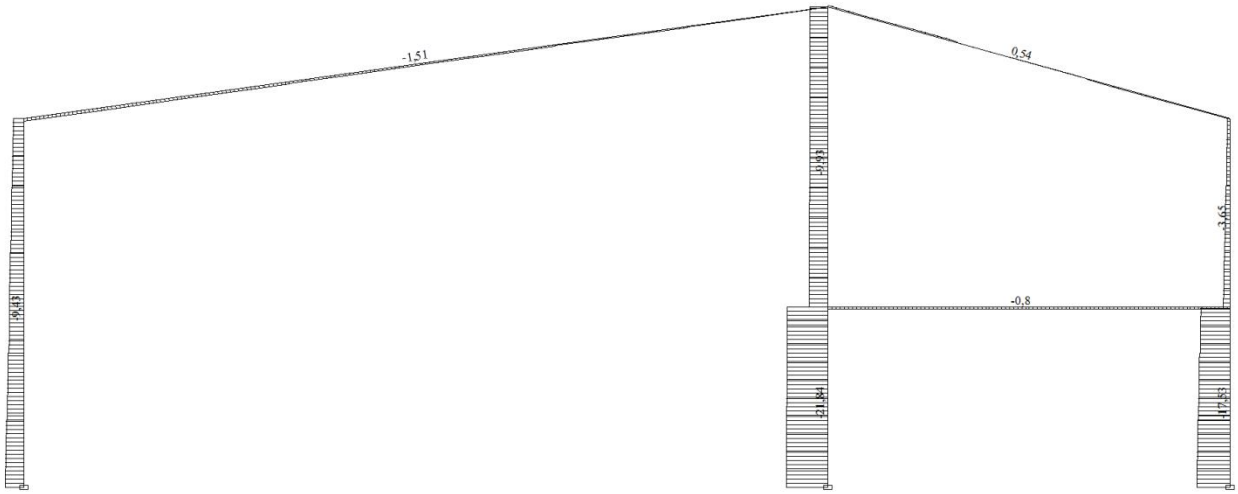
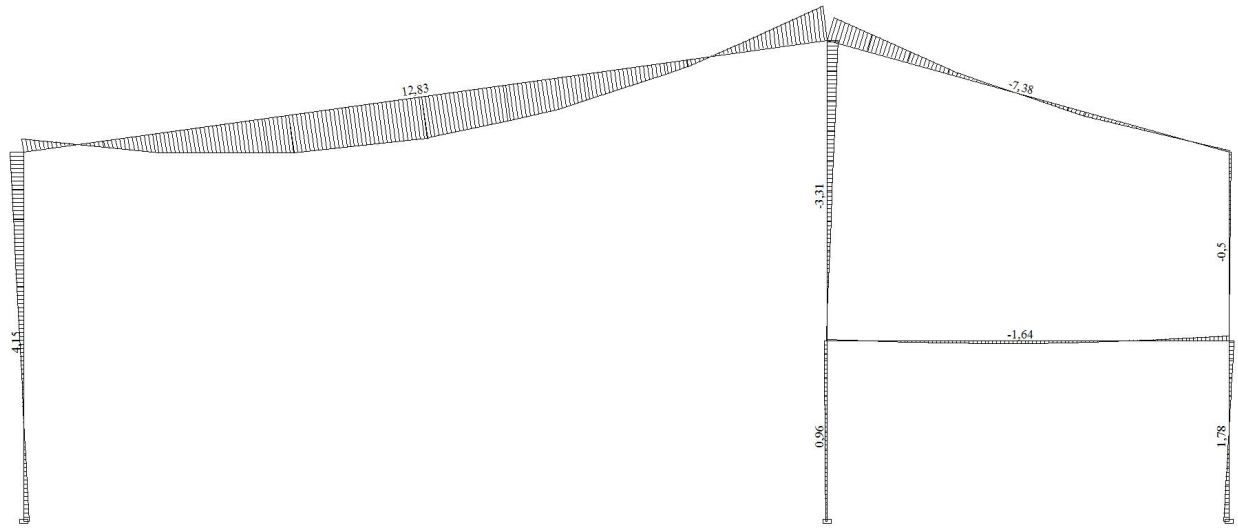


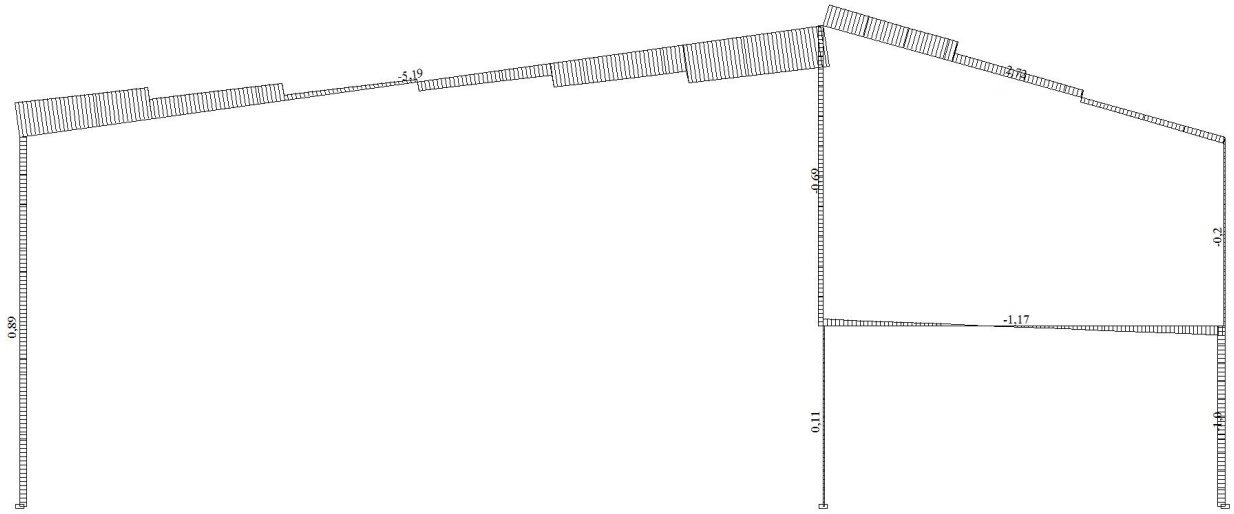
Рисунок 2.22 – Тимчасові навантаження, що діють на рамний каркас у межах осей 6-10.



N

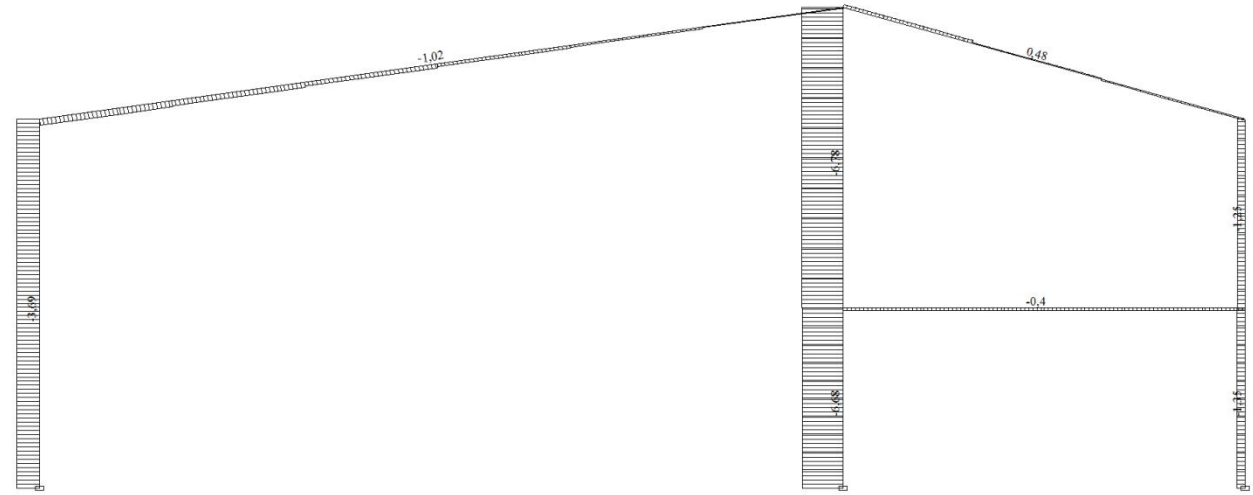


M

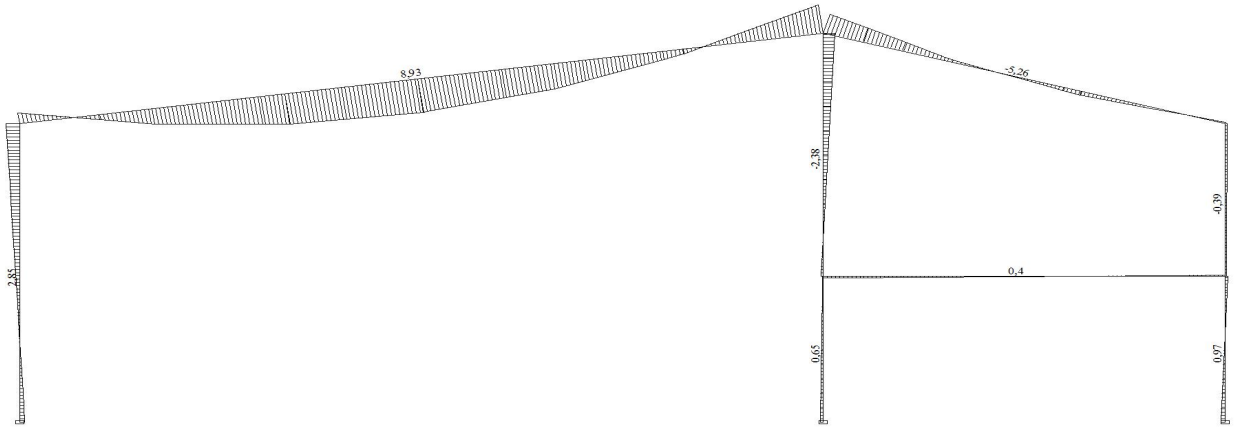


Q

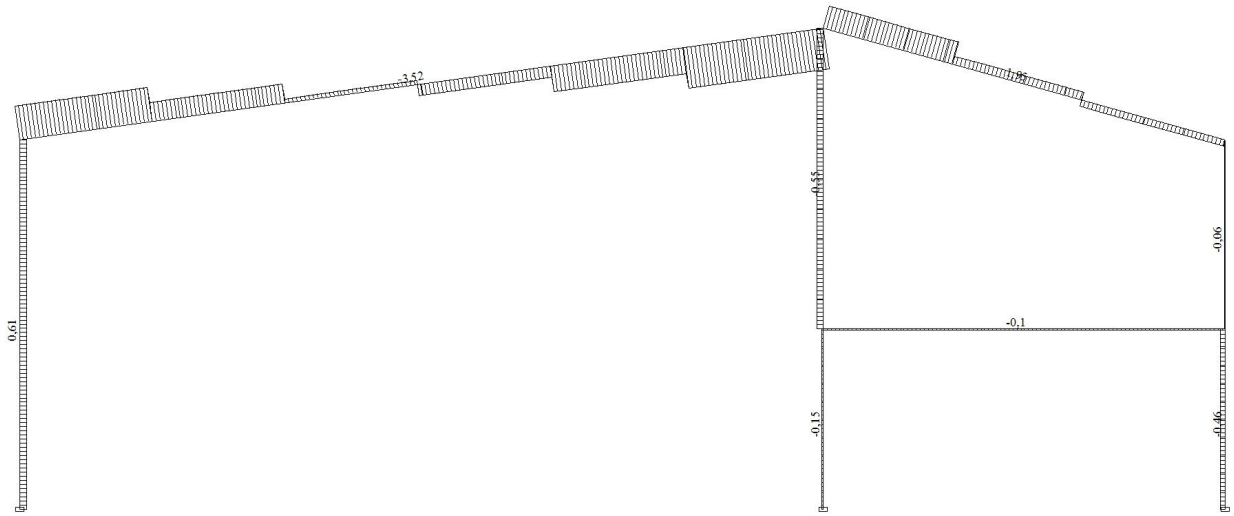
Рисунок 2.23 - Епюри зусиль N, M, Q для постійного навантаження



N

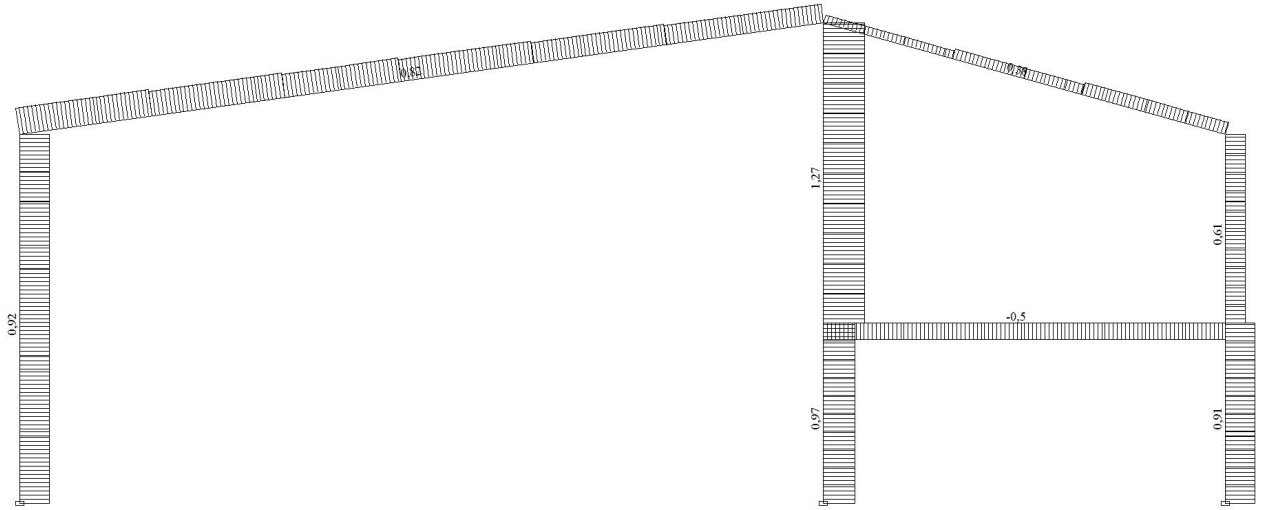


M

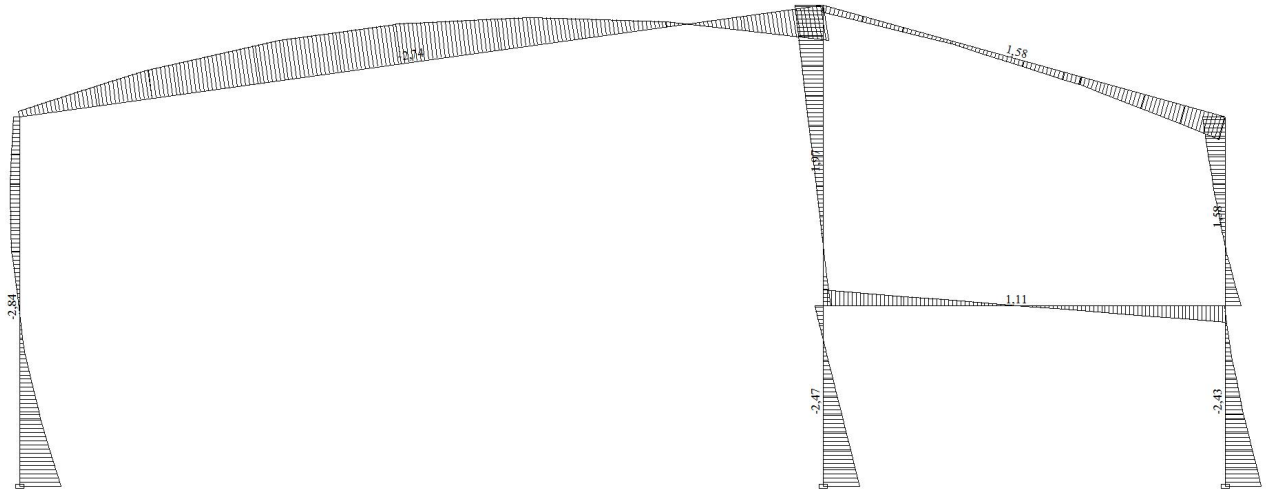


Q

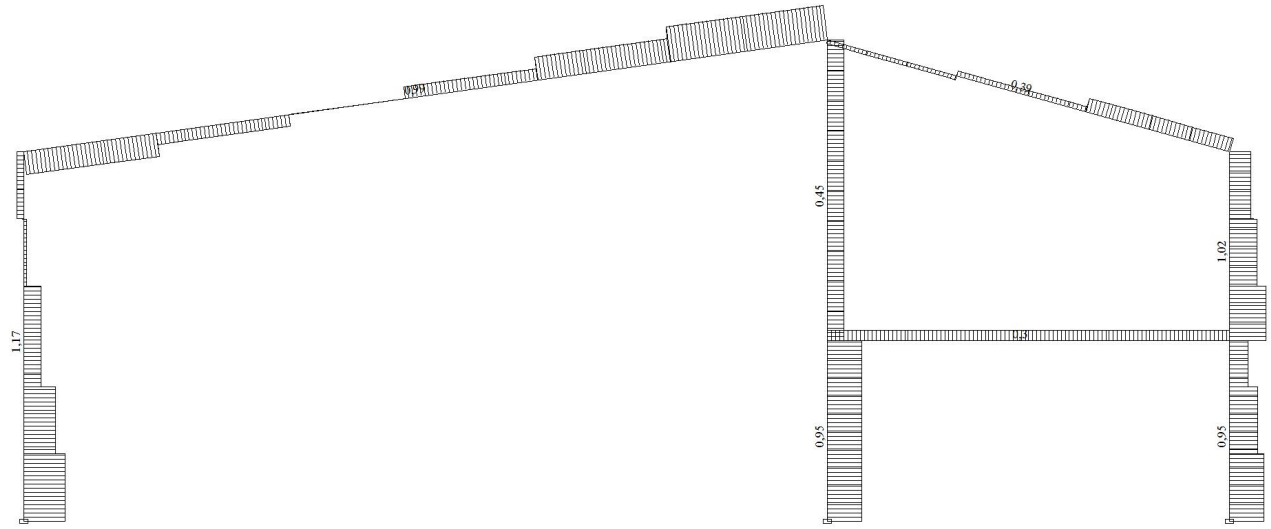
Рисунок 2.24 - Епюри зусиль N, M, Q для снігового навантаження



N

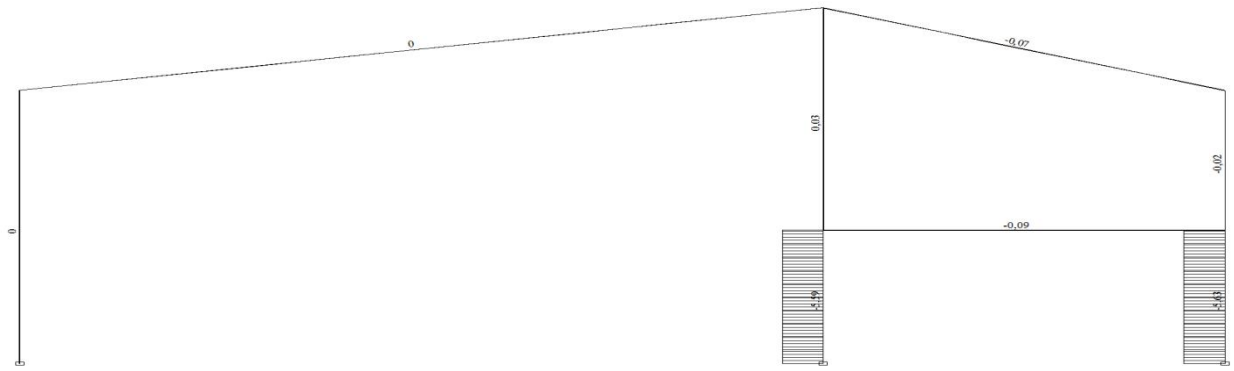


M

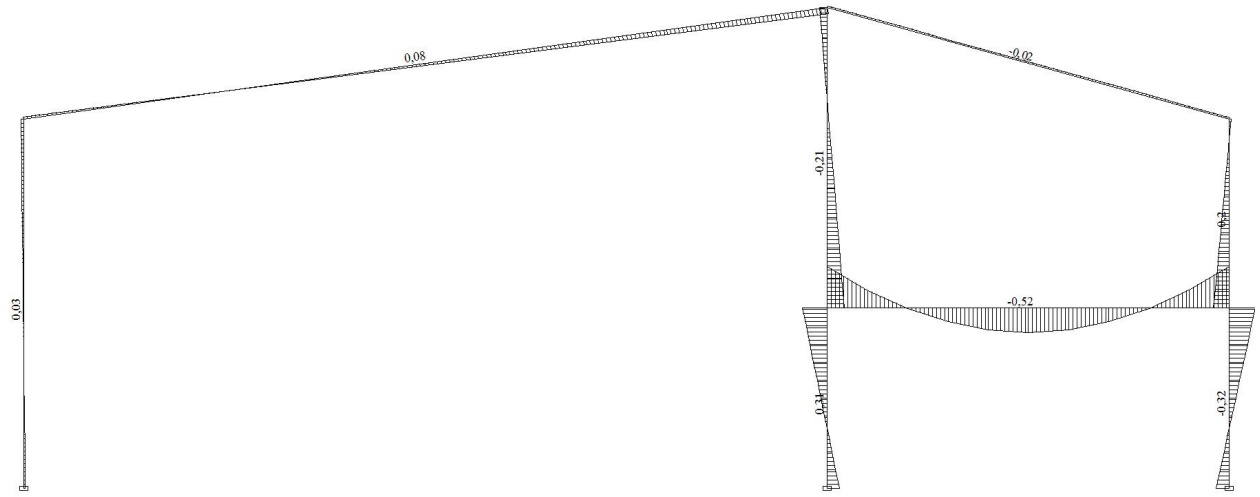


Q

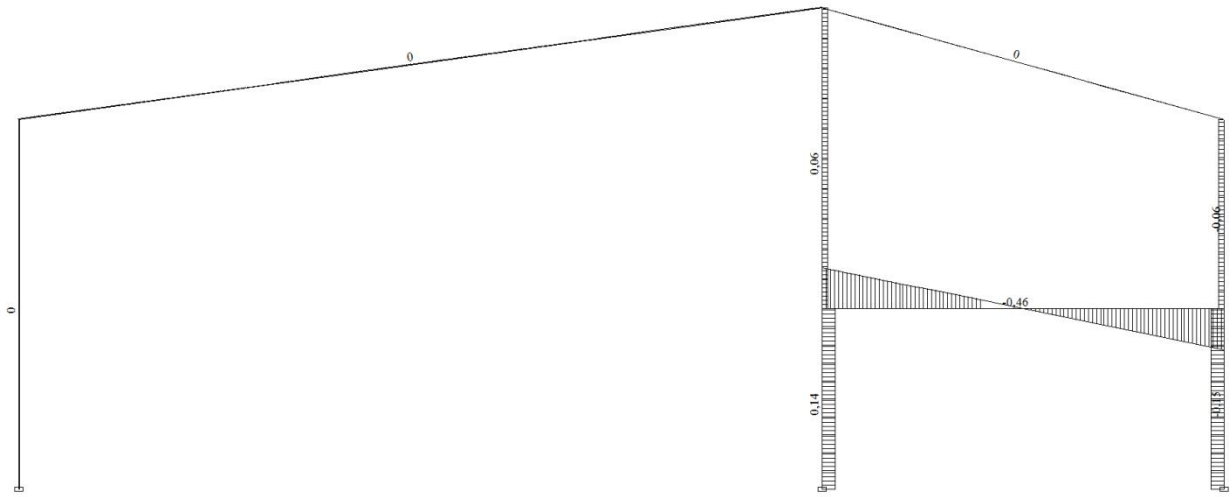
Рисунок 2.25 - Епюри зусиль N, M, Q для вітрового навантаження



N



M



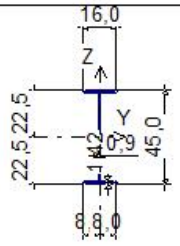
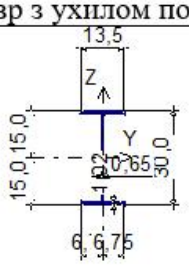
Q

Рисунок 2.26 - Епюри зусиль N, M, Q для тимчасового навантаження

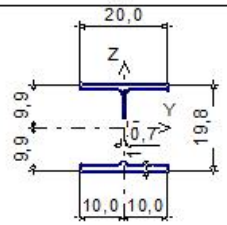
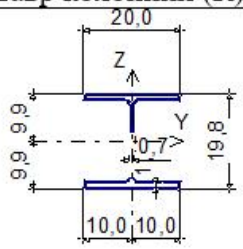
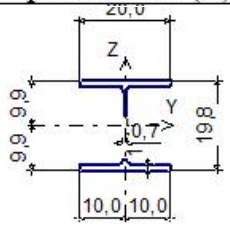
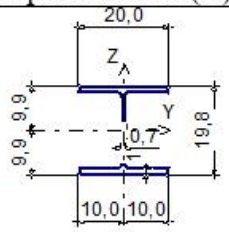
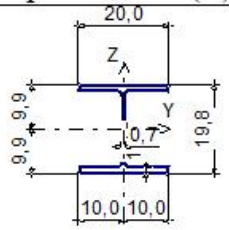
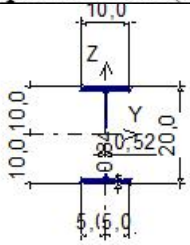
2.1.7 Розрахунок міцності елементів рами (осі 6-10)

За результатами розрахунку, виконаного в програмному комплексі SCAD, сформовано зведену таблицю 2.12

Таблиця 2.12 – Підсумкові результати конструктивного розрахунку рамної секції в осях 6-10

№	Елемент	Переріз
1	2	3
1	Конструктивний елемент RIGEL-1	 Двотавр з ухилом полиць 45
2	Конструктивний елемент RIGEL-2	 Двотавр з ухилом полиць 30

Продовження таблиці 2.12

1	2	3
3	Група KOLONI. Елемент №1	 Двотавр колонний (К) 20 К2
4	Група KOLONI. Елемент №6	 Двотавр колонний (К) 20 К2
5	Група KOLONI. Елемент №7	 Двотавр колонний (К) 20 К2
6	Група KOLONI. Елемент №8	 Двотавр колонний (К) 20 К2
7	Група KOLONNI. Елемент №9	 Двотавр колонний (К) 20 К2
8	Група РИГЕЛЬ-4. Елемент №10	 Двотавр з ухилом полиць 20

2.2 Розрахунок підземної частини логістичного центру

2.2.1 Інженерно-геологічна та гідрогеологічна характеристика ділянки.

Таблиця 2.13 – Інженерно-геологічні виробітки та літологічні шари ґрунту

№ шару	Ґрунт	Свердловина й потужність шару, *м*	
		1	2
1	Насипний ґрунт, будівельне сміття	1.6	1.5
2	Суглинок лесовий	1.8	1.8
3а	Супесь лесова	1.4	0.5
4	Пісок	0.5	1.1
5	Суглинок	2.1	2.3
6	Глина	2.6	2.8
Глибина рівня підземних вод			
Оцінка устя свердловини, м		39,40	39,20

Таблиця 2.14 - Фізико-механічні показники ґрунтів

Найменування	Умовне позна-чення	Одиниці виміру	Шар					
			1	2	3а	4	5	6
Щільність	ρ	т/м^3	1,63	2.1	1.98	1.96	2.02	2.06
Щільність часток	ρ_s	т/м^3	-	2.65	2.69	2.69	2.75	2.7
Природна вологість	W	-	-	0.18	0.26	0.26	0.25	0.22
Вологість на межі плинності	W_L	-	-	0.26	0.28	-	0.34	0.4
Вологість на межі розкочування	Wp	-	-	0.17	0.22	-	0.2	0.2
Кут внутрішнього тертя	φ	гради	-	21	20	28	18	15
Питоме зчеплення	C	кПа	-	20	12	1	11	50

2.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов майданчика

Визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів є необхідним етапом для оцінки їхньої несучої здатності. Отримані розрахункові характеристики представлені у вигляді зведеної таблиці.

Таблиця 2.15 – Оцінка геологічних умов ділянки

№	Найменування ґрунту	Коеф. пористості, $e = \frac{\gamma_s}{\gamma}\cdot(1+W)-1$	Ступінь вологості, $S_r = \frac{W \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w}$	Число пластичності $Ip=W_L-W_P$	Консистенція $I_L = \frac{W - W_P}{I_P}$	Висновки
1	Насипний ґрунт, будівельне сміття	-	-	-	-	У якості несучого шару непридатний.
2	Суглинок лесовий	0.49	0.97	0.09	0.1	Суглинок, насичений водою, напівтвердий, може використовуватися в якості несучого шару при збереженні початкових умов.
3а	Супесь лесова	0.76	0.92	0.06	0.66	Супесь водонасичена, пластична, може використовуватися в якості несучого шару при збереженні початкових умов.
4	Пісок	0.73	0.95	-	-	Пісок дрібний, середньої щільності, насичений водою, може використовуватися як основа
5	Суглинок	0.7	0.98	0.14	0.36	Суглинок, насичений водою, тугопластичний, може використовуватися в якості несучого шару
6	Глина	0.6	0.99	0.2	0.1	Глина, насичена водою, напівтверда, може використовуватися в якості несучого шару.

2.2.3 Розрахунок граничного опору палі

З огляду на присутність у складі основи лесових суглинків, проєктом передбачено влаштування монолітного пальового ростверку. Як тримальні елементи обрано забивні палі марки І38-35 (серія 3.500.1-1.93) довжиною 8,0 м та перерізом 0,35х0,35 м. Ураховуючи гідрогеологічні особливості ділянки (наявність водонасиченої напівтвердої глини потужністю понад 5 м), занурення здійснюється дизель-молотом до відмітки 8,25 м (з урахуванням довжини вістря 0,3 м). Розрахункові коефіцієнти надійності (γ_{cr} = 1, γ_{cf} = 1) прийнято згідно з вимогами ДБН В.2.1-10:2009 (табл. Е.8).

Геометричні показники перерізу палі визначають площу її поперечного перерізу, яка становить:

$$A = b \cdot b = 0{,}35 \cdot 0{,}35 = 0.1225\ м^2 \quad (2.3)$$

Розрахунковий периметр перерізу палі становить:

$$b = 0{,}3 \cdot 4 = 1{,}2\ м \quad (2.4)$$

Згідно з нормативними даними (табл. Н.2.1), для дрібнозернистого піску середньої щільності на рівні вістря палі (глибина занурення 9,3 м) розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем прийнято рівним R = 2,6 МПа. Для обчислення сумарного опору тертя вздовж бічної поверхні ґрунтовий масив, який проходить паля, було розчленовано на окремі розрахункові шари:

$$l_1 = 1{,}8м;\ l_2 = 0{,}3м;\ l_3 = 0{,}6м;\ l_4 = 2{,}3м;\ l_5 = 1{,}05м.$$

Граничний опір ґрунту під вістрям палі:

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + U \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i\right), \quad (2.5)$$

де $\gamma_c = \gamma_{cr} = \gamma_{cf} = 1$;

A – площа контакту палі з ґрунтовою основою;

R – розрахункова несуча здатність ґрунту під вістрям палі;

f_i – Розрахункове значення опору і-го шару ґрунту по бічній поверхні палі;

U – Периметр поперечного контуру палі.

Відмітка занурення палі в ґрунт – 8,25 м.

z, м	R, МПа
7	9,7
10	10,5

Розрахунковий опір R:

$$R = 9{,}7 + \frac{10{,}5 - 9{,}7}{10 - 7} \cdot 1{,}25 = 10{,}02\ МПа$$

На основі даних таблиці Н.2.2 розраховано опір ґрунтів на середній глибині кожного шару; результати представлені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Визначення F_i

Ділянка	z_i, м	f_i, МПа	h_i, м	γ_{cf}	F_i, МН
1	2.4	0.044	1,8	1	0.079
2	3,55	0,013	0,3	1	0,0039
3	4,35	0,054	0,6	1	0,0324
4	6,05	0,042	2,3	1	0,0966
5	7,72	0,056	1.05	1	0,0588
				Σ	0,27

Розрахунок тримальної спроможності палі висячого типу:

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 10.02 \cdot 0{,}35 \cdot 0.35 + 4 \cdot 0.35 \cdot 0.027) = 1.61 МН \quad (2.6)$$

Обчислення гранично допустимого навантаження, що сприймається палею:

$$N_d = \frac{F_d}{\gamma_к} = \frac{1{,}61}{1{,}4} = 1{,}15\ МН \quad (2.7)$$

N – Розрахункове осьове зусилля, що діє на палю, визначене на основі найбільш несприятливої комбінації навантажень на фундамент;

Fd – Несуча здатність палі — це граничне зусилля, яке може сприйняти ґрунтова основа під її підошвою;

γ_k – При розрахунковому визначенні несучої здатності палі (F_d) нормами передбачено застосування коефіцієнта надійності, що дорівнює 1,4.

2.2.4 Розрахунки пальового фундаменту

Фундамент на палях для сталевої колони розраховується з огляду на дію виключно центрального осьового зусилля.

$$N = 2{,}285\ MH$$

Для виготовлення ростверку застосовано бетон класу С25, розрахунковий опір якого на осьовий розтяг становить $f_{bt} = 1{,}05$ МПа . Відмітку закладення підошви фундаменту прийнято на рівні 2,5 м, виходячи з конструктивних міркувань. З метою дотримання вимог надійності та оптимального розподілу навантажень крок розташування паль у ростверку обрано рівним

$$\mathrm{a} = 3 \cdot \mathrm{b} = 3 \cdot 0{,}35 = 1{,}05 \text{ м.} \tag{2.8}$$

Визначаємо необхідну кількість паль

$$n = \frac{N}{F} = \frac{2{,}285}{1{,}15} = 1{,}99 \text{ шт.} \tag{2.9}$$

Розрахунком прийнято фундамент на 2 палях.

Розрахунок пальової групи

Розробимо конструкцію пальового ростверку.

$$n \geq \frac{N + G_{\text{ф}}}{N_d} \tag{2.10}$$

Розміри ростверку прийнято згідно з чинними нормами, що забезпечує дотримання вимог до товщини захисного шару бетону. Кількість паль обрано для попередньої оцінки власної ваги фундаменту:

$$\boldsymbol{n}' \geq \frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{N}_{\mathrm{d}}} = \frac{2285}{1150} = \mathbf{1,99}, \text{ ухвалюємо } \mathrm{n} = \mathbf{2} \text{ шт.}$$

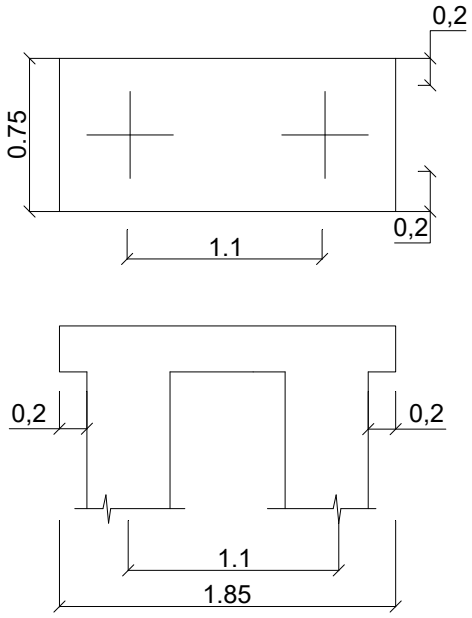


Рисунок 2.7 - План розміщення паль у пальовому полі.

Мінімальний крок висячих паль обмежений чинними нормами:

$$3\mathrm{d}_{\text{пер}} = 1{,}05 \text{ м} \tag{2.11}$$

При проєктуванні плану ростверку необхідно забезпечити мінімальний виступ за зовнішній контур палі, що дорівнює половині її перерізу

$$c = \frac{\mathrm{d}_{\text{пер}}}{2} = \frac{0{,}35 \text{ м}}{2} \cong 200 \text{ мм} \tag{2.12}$$

Визначаємо сумарну масу ростверку з урахуванням ваги ґрунту, що засипається на його уступи:

$$G_{п} = Gl_p \cdot b_p \cdot \gamma_{fm} = 1.5 \cdot 1{,}85 \cdot 0{,}75 \cdot 20 = 41{,}63 \ кН \tag{2.13}$$

Кількість паль:

$$n \geq = \frac{2285 + 41{,}63}{1150} = 2 \ палі.$$

Перевірка зусиль, що діють на крайні палі в складі куща

Перевірку

$\boldsymbol{N = 2285 \ кН; M = 181 \ кНм.}$

Граничне значення навантаження дорівнює:

$$x_1 = 0.9 \ м, \ n_1 = 1 \ шт$$

$$x_2 = -0.9\ м,\ n_2 = 1\ шт$$

$$N_{кр} = \frac{N + G_{п}}{n} + \frac{M \cdot x_{max}}{\sum n_i \cdot x_i^2} = \frac{1}{2} \cdot (2285 + 41{,}63) + \frac{181 \cdot 0.9}{1 \cdot 0,9^2 + 1 \cdot 0.9^2} =$$

$$= 1146{,}2\ кН < N_d = 1150\ кн \qquad (2.14)$$

Розрахункове значення об'ємної ваги ґрунту в зоні обрізів фундаменту $G_{п} = 96\ кН$;

Розрахункова несуча здатність паль відповідає нормативним вимогам.

Розрахунок армування

Приймаємо $^{c}/_{h} = 2 < 2.5$,

Довжина склянки:

$$l_{\text{uc}} = l_{к} + 150 + 2S_c = 600 + 150 + 350 = 1100\ мм \qquad (2.15)$$

$$cl_p - l_{\text{uc}} = 2.5 - 1.1 = 1.4\ м \qquad (2.16)$$

$$h = \frac{c}{2} = \frac{1400}{2} = 700\ мм \qquad (2.17)$$

$$h_0 = h - a_0 = 700 - 50 = 650\ мм, \qquad (2.18)$$

де h_0 – Робоча висота перерізу конструкції,

a_0 –Визначення розрахункової довжини занурення палі при дії лише вертикальних навантажень, $a_0 = 50\ мм$.

$$M \sum_{i=1}^{k} N_{кр} \cdot a_i = 1 \cdot N_{кр} \cdot 0.75\ м = 86{,}25\ кНм, \qquad (2.19)$$

$де\ a_i = x_1 - 0{,}5d_{пер} = 0{,}9 - 0{,}17 = 0{,}73\ м$

Обчислюємо необхідний переріз:

$$A_s = \frac{M}{0{,}9 \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{86{,}25}{0.9 \cdot 0{,}650 \cdot 365000} = 0{,}0004\ м^2 = 403{,}9\ мм^2 \qquad (3.20)$$

Приймаємо $5\text{Ø}12$, $A_s = 565\ мм^2$

Розрахунок осадки фундаменту

Визначаємо ординати епюри вертикальних напружень від власної ваги ґрунту з урахуванням додавання складової 0,2σzg

У крапці 0: σzg = 0; 0,2 σzg = 0

У крапці 1: $\sigma zg_1 = 0{,}0168 * 0{,}6 = 0{,}010$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_1 = 0{,}002$ МПа

У крапці 2: $\sigma zg_2 = 0{,}010 + 0{,}0189 * 1{,}9 = 0{,}046$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_2 = 0{,}009$ МПа

У крапці 3: $\sigma zg_3 = 0{,}046 + 0{,}0189 * 1{,}0 = 0{,}065$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_3 = 0{,}013$ МПа

У крапці 4: $\sigma zg_4 = 0{,}1 + 0{,}0185 * 0{,}3 = 0{,}106$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_4 = 0{,}021$ МПа

У крапці 5: $\sigma zg_5 = 0{,}106 + 0{,}0085 * 3{,}9 = 0{,}139$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_5 = 0{,}028$ МПа

У крапці 6: $\sigma zg_6 = 0{,}139 + 0{,}0092 * 6{,}5 = 0{,}199$ МПа; $0{,}2\ \sigma zg_6 = 0{,}040$ МПа

Оскільки під шаром дрібного піску залягає напівтверда глина, що виступає водотривким горизонтом, до розрахункового вертикального напруження на покрівлі глини необхідно додати гідростатичний тиск підземних вод.

$$\sigma гидр = 0{,}01 \cdot 10{,}4 = 0{,}104\ МПа; \quad (2.21)$$

Сумарне вертикальне навантаження на покрівлю глинистого шару

$$\sigma zg6' = 0{,}104 + 0{,}199 = 0{,}303\ МПа \quad (2.22)$$

$$0{,}2\ \sigma zg6 = 0{,}061\ МПа$$

$$У\ крапці\ 7: \sigma zg = 0{,}303 + 0{,}0113 \cdot 8{,}8 = 0{,}402\ МПа,$$
$$2\ \sigma zg7 = 0{,}080\ МПа$$

Розраховуємо ординати епюри геостатичного тиску на рівні підошви умовного фундаменту:

$$\sigma zg0 = 0{,}139 + 0{,}0092 \cdot 0{,}775 = 0{,}146\ МПа \quad (2.23)$$

Визначаємо величину додаткового вертикального тиску, що діє на рівні підошви умовного фундаменту:

$$P0 \;=\; 0{,}0356 - 0{,}146 \;=\; 0{,}210\ МПа \qquad (2.24)$$

Знаходимо $n = \frac{b}{l} = 6{,}2/2{,}4 \;=\; 2{,}6.$

Приймаємо співвідношення $m = 0,4$, яке спрощує розбиття ґрунтової товщі на елементарні шари

$$h_f \;=\; 0{,}4 \cdot 6{,}2/2 = 1{,}24\ м.$$

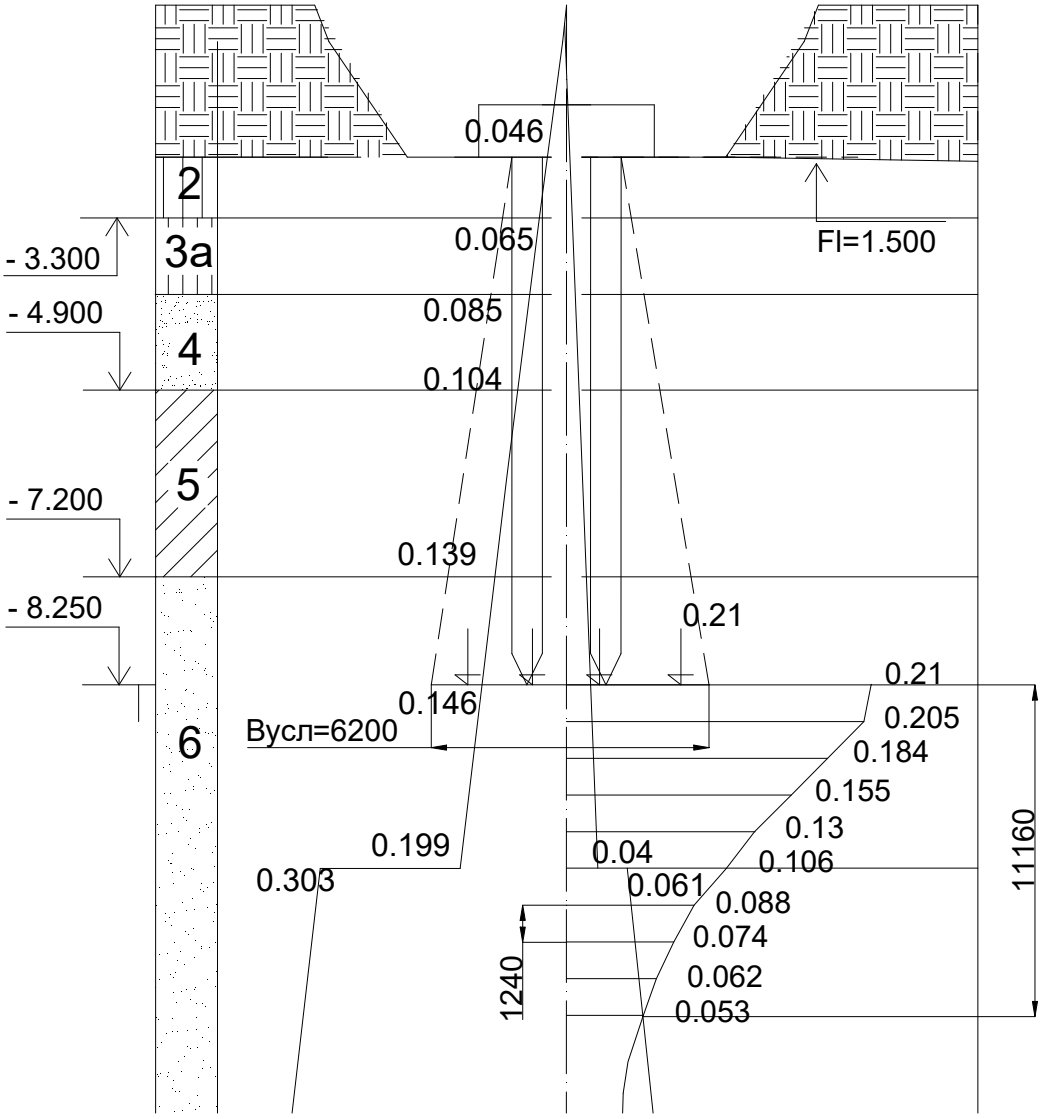


Рисунок 2.2 - Розрахунок деформацій основи пальового фундаменту

Перевірка:

$$hi \;\le\; 0{,}4b\,;\; 1{,}24 \;\le\; 2{,}48,$$ умова виконується.

Нижню межу стисливої товщі визначаємо за точкою перетину епюри додаткових напружень із допоміжною епюрою, що є обов'язковою умовою коректного розрахунку осадки $\sigma_z \leq 0{,}2\,\sigma_{zg}$.

На основі побудованих епюр визначено, що потужність стисливої товщі становить H = 11,16 м.

Таблиця 2.17 – Переходимо до розрахунку деформацій основи фундаменту

Ґрунт	Z, м	m=2z/b	α	$\sigma_z=\alpha_p p_0$, Мпа	E, МПа
Глина	0	0	1	0,210	26
	1,24	0,4	0,976	0,205	
	2,48	0,8	0,875	0,184	
	3,72	1,2	0,740	0,155	
	4,96	1,6	0,612	0,130	
	6,2	2,0	0,505	0,106	
	7,44	2,4	0,419	0,088	
	8,68	2,8	0,350	0,074	
	9,92	3,2	0,294	0,062	
	11,16	3,6	0,250	0,053	

Обчислюємо величину деформації (осадки) фундаменту:

$$S = 0{,}8 * 1{,}24/19[(0{,}210 + 0{,}205)/2 + (0{,}205 + 0{,}184)/2 + (0{,}184 + 0{,}155)/2 + (0{,}155 + 0{,}088)/2) + (0{,}088 + 0{,}074)/2 + (0{,}074 + 0{,}062)/2 + (0{,}062 + 0{,}053)/2] = = 0{,}037 + 0{,}016 = 0{,}053\ м = 5{,}3\ см.$$

Відповідно до таблиці І.1 ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти», для споруд зі сталевим каркасом гранично допустиму величину осідання прийнято рівною

$$S = 5{,}3\ \text{см} < Sn = 15\ \text{см}$$

Результати розрахунків свідчать про забезпечення надійності фундаменту за критеріями другої групи граничних станів.

Розділ 3

Технологічні рішення та організація будівництва

3.1 Розробка технологічної карти монтажних робіт

3.1.1 Загальні принципи виконання монтажних робіт та організація будівельного процесу

Ефективна організація монтажного циклу базується на комплексному плануванні та узгодженні всіх етапів будівельного виробництва безпосередньо на об'єкті. Процес охоплює розробку стратегій щодо розгортання фронту робіт, зонування території та визначення технологічної послідовності монтажу конструктивних елементів. Окремим аспектом є вибір методу укрупнювального збирання, що базується на аналізі технічних ресурсів та особливостей проєктного об'єкта. Значна увага приділяється оптимізації логістичних операцій, включаючи схеми постачання, транспортування та подачі компонентів безпосередньо до місця встановлення. Графік монтажних робіт інтегрується в загальний календарний план будівництва, забезпечуючи ритмічність процесів, дотримання норм охорони праці та мінімізацію виробничих ризиків для досягнення високої якості будівництва.

При реалізації монтажних заходів обрано метод комплексної послідовності. Технологічна перевага цього підходу полягає у виконанні монтажу всіх конструктивних елементів, що знаходяться в межах робочої зони крана, з однієї стоянки. Оптимізація роботи вантажопідйомного механізму в такий спосіб мінімізує кількість його переміщень, що дозволяє суттєво оптимізувати загальні терміни зведення будівлі.

Конструктивна характеристика об’єкта

Об'єктом проєктування є двоповерховий логістичний центр каркасного типу з суцільнометалевим несучим остовом, розташований у м. Боярка Київської області. Об’ємно-планувальне рішення будівлі передбачає трипрольотну структуру із шириною прольотів 7 м, кроком колон 6 м та висотою 10 м. Загальні розміри в плані становлять 48×21.6 м.

Несуча система будівлі (колони, ригелі, прогони) виконана зі сталевих профілів. Фундаменти прийняті пальового типу з влаштуванням ростверків та

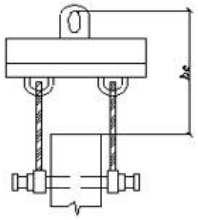
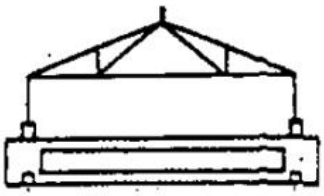
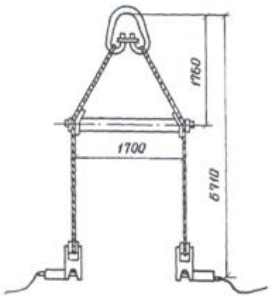
фундаментних блоків; конструктивну цілісність по периметру забезпечує монолітний залізобетонний пояс. Міжповерхове перекриття запроєктовано як монолітну залізобетонну плиту таврового перерізу, що влаштовується по профільованому настилу. Огороджувальні конструкції фасаду передбачені зі стінових сендвіч-панелей товщиною 160 мм.

Внутрішні перегородки та стіни виконуються з цегли. Для дотримання вимог пожежної безпеки вздовж осі 6 запроєктовано цегляну протипожежну стіну. Покрівельне покриття монтується з профільованого настилу, що базується на системі сталевих прогонів.

3.1.2 Підбір вантажозахоплювальних пристроїв для монтажу конструкцій

Вибір такелажного оснащення - зокрема стропів, спеціалізованих захоплювачів та траверс - здійснюється на основі аналізу геометричних параметрів, вагових характеристик та конструктивних особливостей монтажних елементів. Ключовим критерієм під час проєктування цих засобів є оптимізація їхньої власної маси, а також ергономічність виконання операцій із приєднання та від'єднання вантажів. З метою підвищення рівня безпеки на будівельному майданчику та оптимізації продуктивності праці пріоритет віддається обладнанню, що передбачає можливість дистанційного виконання монтажних маніпуляцій (детальний перелік використаних засобів наведено у таблиці 3.1).

Таблиця 3.1 Вибір стропів та вантажозахоплювальних пристроїв для підйому конструкцій.

Найменування	Принципова схема с розмірами	Вантажо підєм-ність, т	Маса, т	h_c, вис. строп.	Призначення
1	2	3	4	5	6
1.Строп одногілковий для монтажу конструкцій без петель. 3141		3	0,016	3-10	Монтаж фундаментних блоків
2.Траверса уніфікована ЦНИИОТП РИ-455-69		25	0,42	1,5	Монтаж колон
3.Траверса для монтажу балок і ферм 3105		8	0,32	1,3	Монтаж ригелів і розпірок
4.Строп двогілковий для монтажу стінових огороджень		8	0,104	6,71	Монтаж стінових панелей

3.1.3 Підбір монтажного кранового обладнання.

При визначенні параметрів вантажопідіймальних механізмів, що залучаються до монтажного процесу, враховується комплекс взаємозалежних факторів:

- геометричні параметри споруди;

- маса, габаритні характеристики та рівень укрупнення елементів, що монтуються;
- паспортні технічні дані та робочий діапазон монтажної техніки;
- директивні терміни будівництва та загальний обсяг монтажних робіт;
- специфіка робочого простору та організаційно-технічні умови будівельного майданчика.

Вибір оптимальної моделі крана ґрунтується на порівняльному аналізі варіантів за ключовими техніко-економічними показниками:

1) *Трудомісткість* виконання монтажних робіт, розрахована на одну тонну конструкцій;
2) *Собівартість* монтажу одиниці маси конструкцій;
3) *Тривалість* монтажного циклу.

Пріоритетною метою при проєктуванні є підбір такого кранового обладнання, яке забезпечує найвищу ефективність використання вантажопідйомності та експлуатаційної продуктивності. Ключовими критеріями при цьому виступають відповідність робочих параметрів машини (зокрема, висоти підйому гака та вильоту стріли) вимогам проєктних рішень щодо зведення каркаса будівлі.

Розрахунок маси конструкцій, що підлягають монтажу.

Маса вантажу, що підлягає монтажу:

$$P_м = P_{констр} + P_{строп} + P_0 \quad (3.1)$$

де $P_{констр} -$ *маса елемента*, т;

$P_{строп} -$ *маса стропувочого засобу*;

$P_0 -$ *маса екіпірування* $P_0 = 0$.

Розрахунок необхідної висоти підйому під час монтажу конструкцій.

Для визначення висоти, на яку піднімається гак відносно відмітки встановлення крана під час виконання монтажних операцій, використовується

розрахункова залежність (3.2), що враховує ключові технічні параметри монтажного механізму та специфіку умов проведення робіт

$$\mathrm{H_м} = \mathrm{h_0} + \mathrm{h_З} + \mathrm{h_e} + \mathrm{h_{СТР}} \quad (3.2)$$

де $\mathrm{h_0}$ – Висота розміщення елемента відносно опорної поверхні, м;

$\mathrm{h_З}$ – Резерв за висотою ($\mathrm{h_З} = 0.5$ м), м;

$\mathrm{h_e}$ – Монтажна висота (довжина) елемента, м.

$\mathrm{h_{СТР}}$ – Висота вантажозахоплювального пристрою, м.

Розрахунок необхідного вильоту стріли монтажного крана.

Виліт стріли під час монтажу:

$$\mathrm{L_М^{min}} = lш + \frac{(b+e+c)(H-h_ш)}{h_п+h_c}; \quad (3.3)$$

де $lш$ – відстань між віссю повороту крана та віссю стріли;

b – оризонтальна відстань між змонтованою конструкцією та віссю гака крана, м;

e – половинне значення товщини стріли крана, м;

c – *мінімальнавідстаньміжстрілоюкранатамонтажнимелементом.*

$\mathrm{c} = 0.5$м;

$h_ш$ – відмітка кріплення стріли відносно рівня стоянки крана , м.

Розрахунок технічних характеристик крана для монтажу колон.

Розрахунок маси конструкції, що монтується

$$\mathrm{Рм} = 0{,}45 + 0{,}42 = 0{,}87\mathrm{т}$$

Розрахунок висоти монтажу конструкції

$$H_м = 0 + 0{,}5 + 9 + 1{,}5 = 11м$$

Виліт стріли, що забезпечує монтаж:

$$L = \frac{(11{,}5 + 1)}{1{,}1231} + \frac{12}{2} + 1{,}6 = 20{,}5м$$

Підбір технічних параметрів крана для монтажу балок.

Розрахунок маси конструкції, що монтується:

$$P_м = 0{,}95 + 0{,}32 = 1{,}27т$$

Розрахунок висоти монтажу конструкції :

$$H_м = 8{,}3 + 1 + 0{,}45 + 1{,}3 = 11{,}05м$$

Виліт стріли, що забезпечує монтаж:

$$L = \frac{(13{,}5 + 1)}{1{,}4489} + \frac{12}{2} + 1{,}6 = 21{,}1м$$

Для монтажу конструкцій прийнято використовувати гусеничний кран МКГ-40, який працює з максимальним вильотом стріли 25,8 м. Дане кранове обладнання забезпечує необхідні умови для переміщення та встановлення елементів завдяки достатній вантажопідйомності та радіусу дії. Його технічні можливості відповідають вимогам за висотою підйому і масою вантажів на даному будівельному майданчику. Схему основних монтажних характеристик крана наведено на рисунку 3.1.

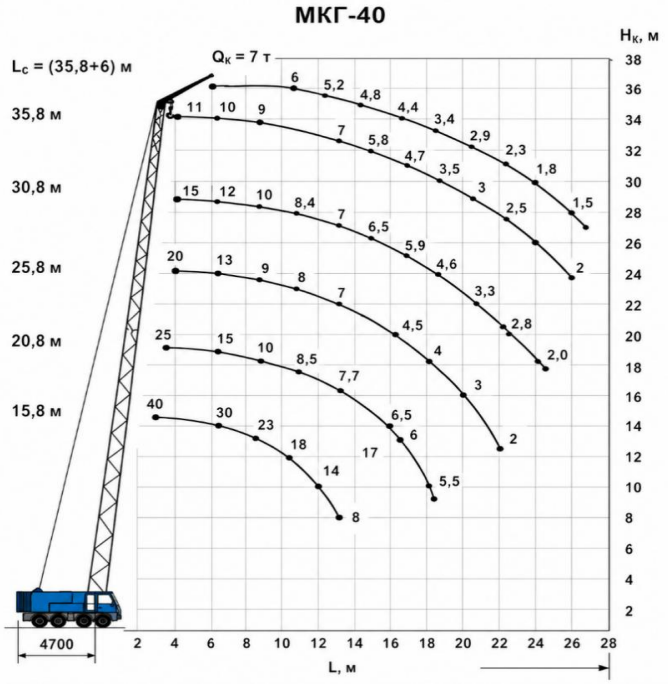


Рисунок 3.1 – Монтажні характеристики крана МКГ- 40.

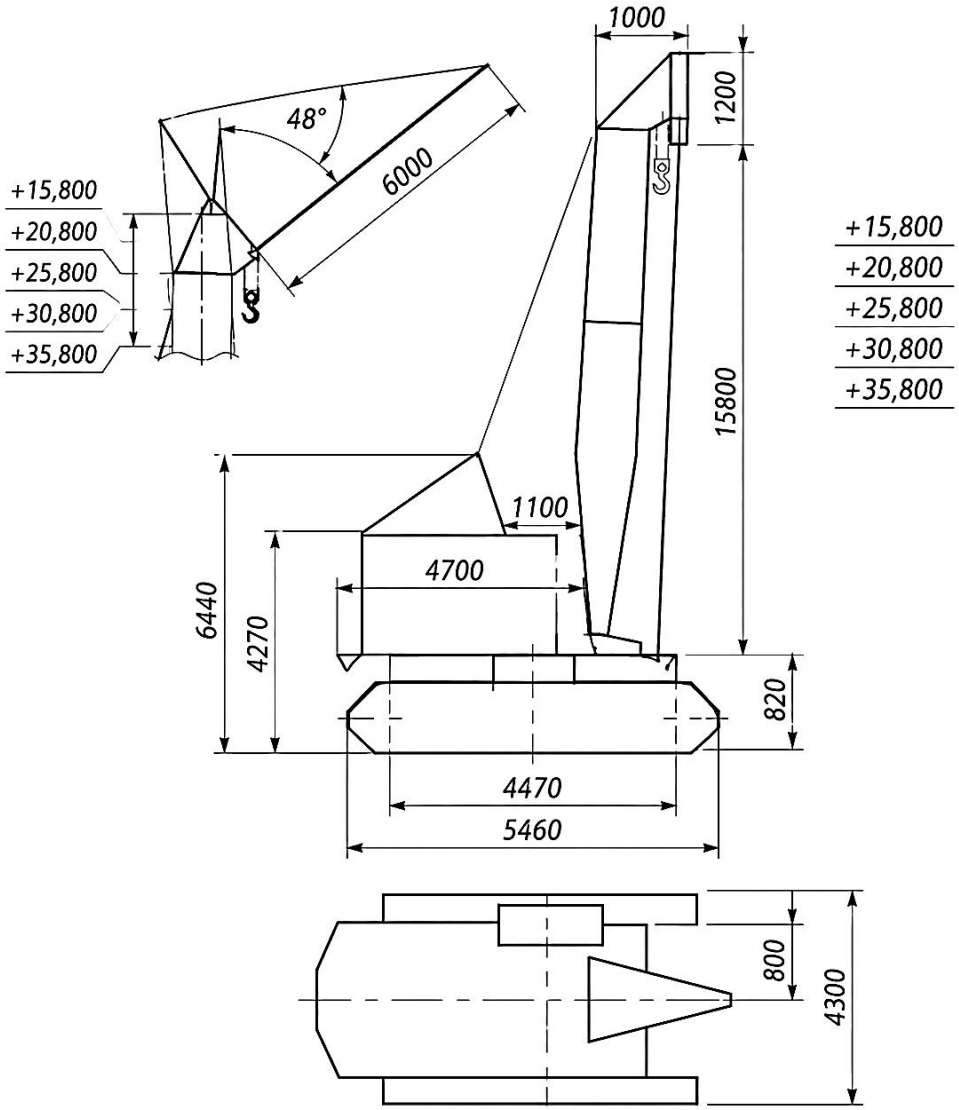


Рисунок 3.2 – Геометричні характеристики крану МКГ- 40.

3.1.4 Встановлення колон

Монтаж металевих колон є критично важливим етапом зведення каркасних споруд, що визначає загальну геометрію та експлуатаційну надійність об'єкта. Процес розпочинається з ретельної підготовки фундаментних основ: поверхня опорних плит підлягає нівелюванню та вивіренню, після чого проводиться підливка цементно-піщаним розчином для забезпечення рівномірного розподілу навантажень. Конструктивні елементи колон надходять на будівельний

майданчик у стані повної заводської готовності, включаючи фрезерування торцевих поверхонь для забезпечення щільного прилягання.

Вибір технологічного підходу до монтажу визначається проектними параметрами та типом конструкції. У сучасній практиці часто застосовують методи безвивіркового встановлення, що базуються на використанні високоточних геодезичних приладів та інноваційних механізмів, які нівелюють потребу у встановленні тимчасових розкріплень.

Процес закріплення на фундаменті здійснюється шляхом жорсткої фіксації бази колони до анкерних груп. Наступним етапом є виконання монтажних зварних швів, що забезпечують монолітність вузла «колона-фундамент». Якість з'єднань гарантується дотриманням технології зварювального процесу, зокрема обов’язковим підготовчим обробленням (скосом) кромок, що дозволяє отримати надійний конструктивний шов із необхідними фізико-механічними характеристиками.

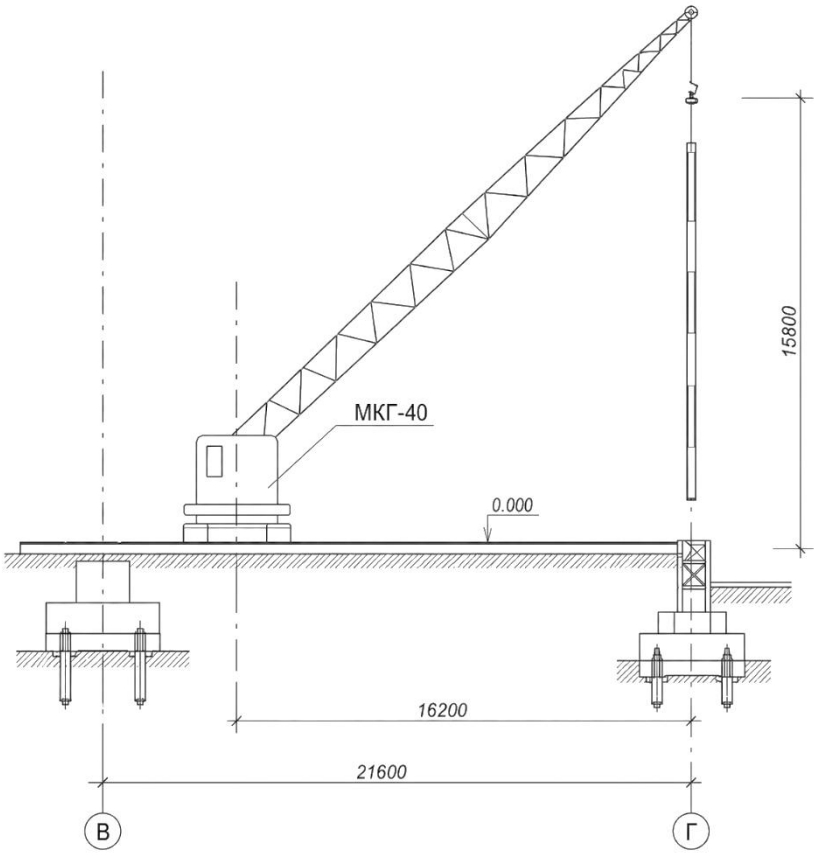


Рисунок 3.3 – Монтаж колон краном МКГ- 40.

Процедура укрупнювальної збірки колон передбачає використання спеціалізованих кондукторів та кутових сталевих фіксаторів, які забезпечують проектне положення елементів до моменту накладання постійних зварних швів. Для забезпечення вимог з охорони праці та підвищення продуктивності при висотних роботах застосовується комплекс підмостків, підвісних люлек та сертифікованих інвентарних драбин. Операції з підйому та позиціювання колон здійснюються за допомогою траверс, що дозволяє виконувати точне наведення елементів на монтажні вузли.

Особлива увага в процесі монтажу приділяється інструментальному контролю за просторовим розташуванням колон. Допустимі відхилення від вертикалі та проектних осей суворо регламентуються, оскільки навіть незначні розбіжності можуть спричинити перерозподіл зусиль у каркасі та зниження його несучої здатності. Фінальним етапом циклу є інспекція геометричних параметрів змонтованих конструкцій. Комплексна перевірка, що включає контрольні заміри, є необхідною умовою для підтвердження відповідності виконаних робіт вимогам нормативної документації, що гарантує надійність та експлуатаційну довговічність споруди.

3.1.5 Встановлення ригелів, прогонів і елементів в’язей у проєктне положення

Встановлення ригелів, прогонів і систем зв’язування є важливим етапом монтажу каркаса будівлі. Ригелі укладають із застосуванням крана МКГ-40 та монтажної траверси. У процесі їх встановлення виконують ретельну вивірку в двох напрямках — поздовжньому та поперечному, щоб забезпечити точність положення осей і щільне прилягання до опорних зон. При цьому відхилення по відмітках опирання допускається в межах ±5 мм.

Монтаж прогонів і зв’язкових елементів зазвичай виконується паралельно з укладанням конструкцій покриття, що дозволяє одразу формувати просторову жорсткість каркаса. Під час їх встановлення важливо забезпечити правильну геометрію та надійну фіксацію на опорних консолях колон. Елементи зв’язків

виконують функцію стабілізації конструкції та підвищують її стійкість у просторі. Після завершення монтажу здійснюють перевірку відповідності встановлених елементів проєктним вимогам, а також контролюють якість зварних і монтажних з’єднань.

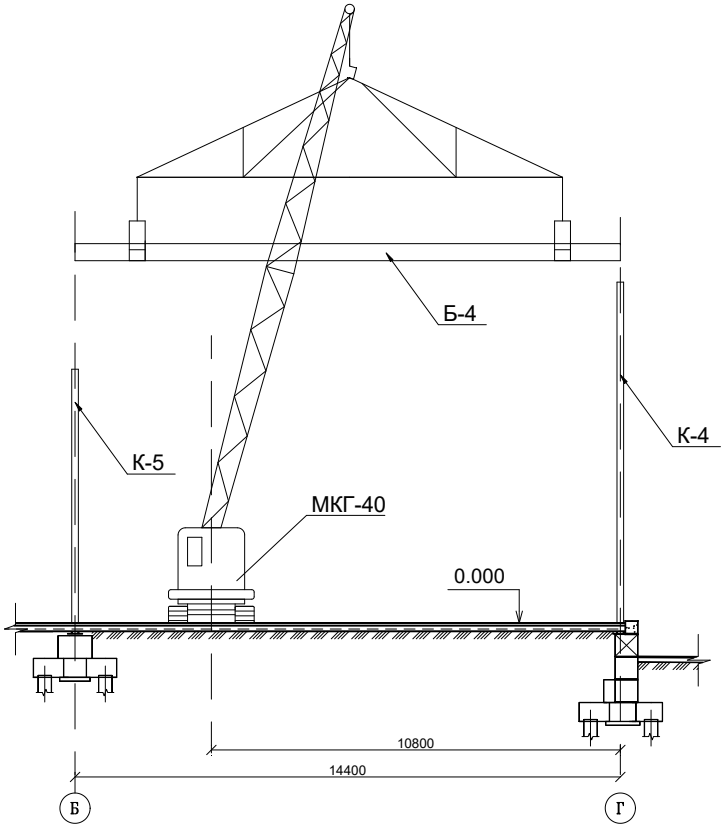


Рисунок 3.4 – Монтаж ригеля краном МКГ- 40.

Рівень точності під час монтажу конструкцій має вирішальне значення для забезпечення надійної роботи та тривалого терміну експлуатації будівлі. Усі монтажні операції виконуються відповідно до вимог чинних ДБН щодо встановлення збірних елементів, затвердженого проєкту та розрахункових даних. Важливим організаційно-технологічним заходом є поярусне винесення осей і контроль вертикальних відміток, що дає змогу забезпечити правильну геометрію споруди та зменшити ймовірність відхилень на різних етапах монтажу.

На будівельному майданчику значну увагу приділяють точному розміщенню та закріпленню розбивочних позначок на конструктивних елементах. Для досягнення заданої точності використовують монтажні кондуктори з можливістю регулювання, а також допоміжні засоби фіксації - підкоси, розпірні

елементи, розчалки та шаблони. Завдяки цьому забезпечується контрольоване переміщення конструкцій у процесі встановлення та їх точне приведення у проєктне положення.

Окремо контролюється якість виконання зварних з’єднань, оскільки вони безпосередньо впливають на міцність і просторову жорсткість каркаса. Комплексне дотримання технології монтажу дозволяє отримати правильно встановлені конструкції, що відповідають проєктним вимогам і забезпечують довговічну та безпечну експлуатацію будівлі.

3.1.6 Влаштування монтажних з’єднань сталевих конструкцій

Надійність металевого каркаса багато в чому визначається якістю виконання монтажних стиків. Цей процес є відповідальним етапом будівництва, що вимагає чіткого дотримання технологічної послідовності: від підготовки поверхонь до фінішного захисту від корозії.

1. ***Підготовчі заходи***.

Перед початком з’єднання елементи необхідно ретельно підготувати. Поверхні, що підлягають стикуванню, очищають від оксидних плівок (іржі), мастил, бруду та інших забруднень. Кромки металоконструкцій мають бути підготовлені відповідно до проектних креслень, з урахуванням допустимих відхилень монтажних зазорів. Важливо забезпечити очистку металу навколо майбутнього зварного шва (мінімум по 20–30 мм з кожного боку).

2. ***Геометричне вивірювання***.

Перш ніж остаточно зафіксувати елементи, необхідно переконатися в їх проектному положенні. За допомогою геодезичних приладів та інструментів вимірювального контролю перевіряють вертикальність, горизонтальність та загальну геометричну відповідність каркаса. Лише після отримання проектних показників переходить до етапу жорсткого кріплення..

3. ***Виконання з’єднань***.

Метод фіксації елементів регламентується проектною документацією. Зварні з'єднання передбачають застосування ручного, напівавтоматичного або

автоматичного зварювання, вибір якого залежить від монтажних умов. Натомість болтові з’єднання базуються на підготовці отворів, установці накладок та фіксації болтів із суворим дотриманням розрахункового зусилля затяжки.

4. ***Технічний контроль.***

Завершений вузол підлягає обов’язковій перевірці на відповідність ДБН та проектним рішенням. Контролюється якість зварних швів (використовуються методи дефектоскопії - ультразвуковий, рентгенографічний тощо) та надійність болтових груп (контроль моменту затяжки, перевірка на наявність перекосів)..

5. ***Антикорозійний захист.***

Фінальним етапом є відновлення або нанесення захисного антикорозійного шару на ділянках з’єднань, які були пошкоджені під час монтажних робіт. Це гарантує довговічність вузла та захищає метал від агресивного впливу навколишнього середовища.

3.1.7 Встановлення стінових панелей

Стінові панелі монтують із використанням кранового обладнання, застосовуючи спеціалізовані захвати для безпечного переміщення вантажу. Щоб уникнути деформації чи пошкодження захисного шару панелей під час стропування, у конструкції накладок передбачені м’які демпферні вставки.

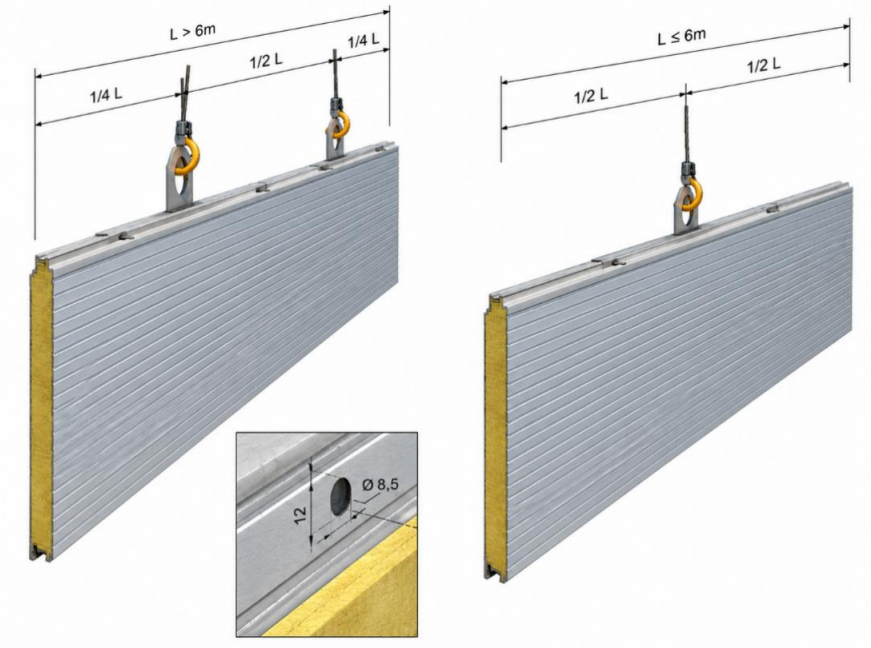


Рисунок 3.5 – Використання швелерної накладки під час монтажних робіт.

Після того, як кран доставляє елемент до місця монтажу, його виставляють у проектне положення. Фіксація панелей до каркаса здійснюється зварюванням або анкерним кріпленням згідно з проектною документацією. На цьому етапі критично важливим є контроль геометричних параметрів та надійності закріплення, оскільки від цього залежить загальна просторова жорсткість та експлуатаційна міцність огороджувальних конструкцій.

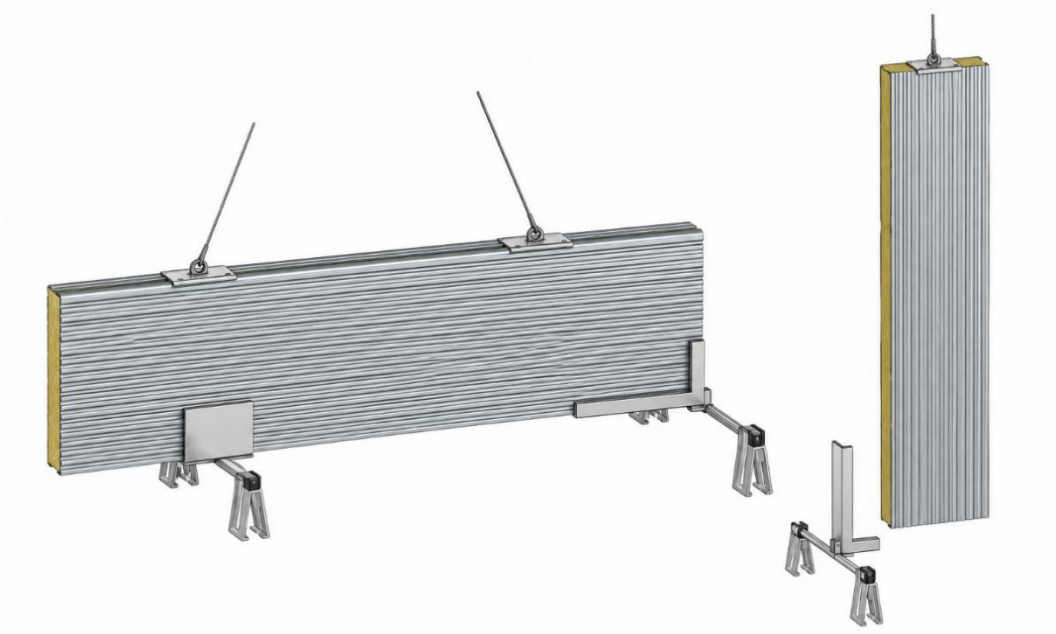


Рисунок 3.6 – Установлення стінової панелі з фіксацією у вертикальному положенні.

Рисунок 3.7 – Встановлення стінових панелей із застосуванням кранового обладнання.

Під час вертикального монтажу положення крана обирають так, щоб виключити контакт із панелями, які залишаються в пакуванні. Також важливо контролювати рівень деформації конструкції під час підйому - величина прогину панелі не повинна виходити за межі встановлених норм. $L/250$.

3.1.8 Встановлення віконних і дверних блоків у проєктне положення

Монтаж віконних та дверних блоків належить до важливих будівельно-монтажних процесів, під час яких готові конструктивні елементи встановлюються у визначене проєктом положення. Виконання цих робіт здійснюється на етапі зведення стінових конструкцій із обов'язковим дотриманням технологічних вимог, що забезпечує необхідні показники міцності, герметичності та енергозбереження будівлі.

У процесі встановлення віконних блоків першочергово здійснюється їх точне позиціонування відповідно до проєктних осей. Особлива увага приділяється суміщенню вертикальної осі блоку з розбивочними осями нижніх поверхів, а також контролю глибини його встановлення відносно зовнішньої площини стіни. Додатково перевіряється вертикальність конструкції та горизонтальність нижньої опорної частини із застосуванням будівельних вимірювальних приладів. Тимчасове закріплення виконується таким чином, щоб запобігти можливим зміщенням або перекосам під час монтажу. Після остаточного виставлення всі монтажні зазори по периметру заповнюються поліуретановою піною для забезпечення тепло- та повітронепроникності вузла.

Встановлення дверних блоків виконується за аналогічною технологією з ретельним вивірянням положення конструкції та її надійною фіксацією у проєктному положенні. Дверні полотна та віконні стулки, як правило, постачаються з уже змонтованою фурнітурою, включаючи петлі та замкові механізми. У процесі монтажу обов'язково контролюються монтажні зазори: для віконних конструкцій вони становлять близько 1,5–2 мм, для дверних полотен - приблизно 2–2,5 мм. Для зовнішніх дверей додатково витримується зазор у нижній частині між полотном і підлоговим покриттям близько 2 мм.

Підвіконні дошки встановлюються на вирівнювальну основу з антисептованого матеріалу (наприклад, повсті або аналогічних прокладок) із забезпеченням невеликого ухилу у бік приміщення (орієнтовно 1:100). Їх монтаж виконується з дотриманням єдиного рівня в межах одного приміщення, що гарантує естетичну узгодженість та правильне функціонування елементів.

3.1.9 Визначення кількості та обсягів виконання монтажних робіт

Під час визначення обсягів будівельних робіт необхідно враховувати, що споруда включає набір конструктивних елементів різної форми та розмірів. Розрахунок виконується окремо для кожного виду робіт і кожної конструктивної частини об’єкта. Вихідними даними для обчислень слугують робочі креслення, на яких детально відображені всі елементи будівельних конструкцій та їхні параметри.

Таблиця 3.2 – Підрахунок обсягів монтажних робіт

№ п/п	Найменування робіт	Од. вим.	Розрахунок об'ємів робіт	Загальна кількість
1	2	3	4	5
1	Влаштування фундаментних блоків	$м^3$	719	719
2	Зворотна засипка котловану	$м^3$	2424,4-51-719	1654,4
3	Монтаж колон крайнього ряду 17шт.,вага 0,4т	т	0,4*17	6,8
4	Монтаж колон середнього ряду	т	2,7*6	2,7
5	Кладка цегляної стіни та перегородок	$м^3$		117
6	Монтаж ригелів перекриття 114шт.	т		28,55
7	Монтаж розпірок, 43шт.	т		5,805
8	Бетонування перекриттів	$м^3$		31,7
9	Монтаж ригелів та прогонів перекриття	т		37,383
10	Монтаж покрівельного профлисту	$м^2$		1225
11	Монтаж стінових панелей	$м^2$		714,3
12	Монтаж віконних перепльотів	$м^2$		481,5
13	Монтаж воріт	$м^2$	3*3,2*4	38,4

3.1.10 Заходи з охорони праці до технологічної карти

Безпека праці при зведенні сталевого каркаса логістичного центру забезпечується шляхом суворого дотримання організаційних та технічних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків травматизму та виникнення аварійних ситуацій.

Організаційні вимоги до початку робіт до початку монтажних операцій на об'єкті має бути проведена повна підготовка робочої зони. Зокрема, майданчик повинен бути спланований, а всі котловани засипані, що усуває ризик падіння працівників або техніки у незахищені порожнини. Усі робітники, які залучені до монтажу, повинні пройти інструктаж з техніки безпеки, бути забезпечені справними засобами індивідуального захисту: захисними касками, запобіжними поясами, спеціальним взуттям та одягом. Роботи повинні виконуватися під безпосереднім керівництвом виконавця робіт, який несе відповідальність за дотримання послідовності та безпечності монтажних процесів.

Безпека виконання монтажних операцій критично важливим є етап підготовки елементів конструкцій до підйому: перед підйомом на них обов'язково закріплюються підмостки, відтяжки та запобіжні канати, що забезпечує контроль над вантажем під час переміщення. Оскільки монтаж колон здійснюється безвиверючним способом, це потребує високої кваліфікації кранівника та монтажників для фіксації елементів у проєктне положення з першого разу.

Експлуатація техніки та електробезпека для забезпечення електробезпеки всі металеві частини гусеничного крана МКГ-40 та зварювального обладнання СТШ-50 підлягають надійному заземленню. Це є обов'язковою умовою для запобігання ураженню персоналу електричним струмом. Експлуатація обладнання, що має ознаки несправності або пошкодження ізоляції, категорично заборонена.

Систематичний контроль стану робочих місць Заходи безпеки включають щоденний моніторинг робочого середовища. Щодня перед початком робочої зміни відповідальна особа проводить технічний огляд стану підвісного риштування, приставних драбин та інших засобів підмощування. У разі виявлення

навіть незначних дефектів або ненадійних кріплень, подальша робота на таких засобах зупиняється до проведення ремонтних робіт.

Якість як фактор безпеки Надійність конструкції прямо залежить від дотримання вимог до якості монтажу, що є складовою безпеки споруди в цілому. Контроль починається з моменту приймання елементів на будівельному майданчику. При монтажі критично важливо дотримуватися граничних відхилень: зміщення фундаментів від розбивочних осей не повинно перевищувати ±10 мм, осей колон (в нижньому перерізі) -5 мм, а у верхньому перерізі - 15 мм. Для ригелів допустиме відхилення відстаней між осями по верхньому поясу становить не більше ±25 мм, а для стінових панелей -5 мм. Точність монтажу мінімізує внутрішні напруження в вузлах кріплення, що гарантує стабільність каркаса протягом усього терміну експлуатації логістичного центру.

Розділ 4

Охорона праці

4.1 Правове регулювання безпеки праці

Під час проєктування логістичного центру зі складськими та допоміжними приміщеннями в Київській області одним із пріоритетних завдань є створення безпечного виробничого середовища для працівників. Ефективна організація системи охорони праці має важливе значення не лише для збереження життя та здоров'я персоналу, а й для забезпечення стабільної роботи підприємства, підвищення продуктивності праці та зниження економічних втрат, пов'язаних із виробничим травматизмом.

Особливістю функціонування логістичного центру є поєднання складських, транспортних та адміністративно-побутових процесів. У процесі експлуатації будівлі працівники виконують роботи, пов'язані з прийманням, зберіганням, комплектуванням і відвантаженням вантажів, обслуговуванням складської техніки та організацією транспортних потоків. Наявність навантажувачів, стелажних систем, вантажно-розвантажувального обладнання та інженерних мереж зумовлює необхідність дотримання підвищених вимог до безпеки праці.

Основні принципи забезпечення безпечних умов праці визначаються Конституцією України, яка гарантує право громадян на належні та безпечні умови праці [17]. Практична реалізація цих принципів здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці» [18], що встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечного виробничого середовища та запобігання професійним ризикам.

Організація трудових відносин на підприємстві регулюється положеннями Кодексу законів про працю України [19]. Додатково в умовах дії воєнного стану необхідно враховувати вимоги Закону України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стані» [20], який визначає особливості забезпечення трудових прав та обов'язків працівників і роботодавців у надзвичайних умовах.

Важливою складовою безпечної експлуатації логістичного центру є дотримання вимог пожежної та техногенної безпеки. Для цього під час проєктування враховуються положення Правил пожежної безпеки в Україні [21], Кодексу цивільного захисту України [22], а також державних будівельних норм

щодо проєктування складських будівель та споруд [23]. Зазначені нормативні документи регламентують вимоги до евакуаційних шляхів, систем протипожежного захисту, внутрішнього планування приміщень та забезпечення безпечного перебування людей у будівлі.

Сучасні умови функціонування підприємств в Україні потребують також врахування загроз воєнного характеру. Для логістичного центру зі складськими та допоміжними приміщеннями особливого значення набуває організація своєчасного оповіщення персоналу про небезпеку, забезпечення доступу до захисних споруд або приміщень подвійного призначення, створення резервних систем електропостачання та аварійного освітлення. Реалізація таких заходів дозволяє підвищити рівень захищеності працівників і забезпечити безперервність роботи підприємства в кризових ситуаціях.

4.2 Оцінка умов виробничого середовища на проектованому об'єкті

Зведення логістичного комплексу в м. Боярка (Київська обл.) - це масштабний інженерний проєкт, успішність якого залежить від комплексної оцінки виробничих ризиків. Реалізація об’єктів такого типу передбачає виконання низки складних монтажних та загальнобудівельних робіт, що вимагає виваженого підходу до систем забезпечення безпеки праці. Процес моніторингу умов праці на даному майданчику базується на багатофакторному аналізі, який охоплює фізичні, хімічні та екологічні аспекти середовища, а також технологічну специфіку будівництва та якість організаційних рішень.

4.2.1. Чинники фізичного походження

У процесі зведення логістичного центру персонал піддається впливу низки несприятливих фізичних факторів, що потребує впровадження превентивних заходів безпеки. Основними з них є:

- акустичне та вібраційне навантаження (проведення монтажних та зварювальних робіт, а також експлуатація важкої інженерної техніки спричиняють підвищений рівень шумового та вібраційного забруднення робочої зони. Тривалий вплив цих чинників може стати причиною професійних патологій, зокрема зниження слуху або порушень опорно-рухового апарату. Мінімізація

ризиків досягається шляхом обов’язкового застосування сертифікованих засобів індивідуального захисту (СІЗ) органів слуху та використання віброізоляційного обладнання);

- термічний режим (через специфіку будівельних робіт на відкритих майданчиках, працівники перебувають під постійним впливом кліматичних змін. Екстремальні температури в літній та зимовий періоди створюють небезпеку виникнення теплових ударів або переохолодження. Для збереження здоров'я персоналу впроваджується жорсткий регламент праці та відпочинку, забезпечується безперешкодний доступ до питної води та видається спецодяг, що відповідає кліматичним умовам поточного сезону).

4.2.2. Чинники хімічного походження

Процес зведення об’єктів нерозривно пов’язаний із використанням широкого спектра хімічних сполук (лакофарбових матеріалів, розчинників, в’яжучих речовин на основі цементу), які можуть негативно впливати на санітарно-гігієнічний стан робочої зони. До ключових хімічних та аерозольних загроз відносять:

- вплив летких органічних сполук (випаровування токсичних компонентів, що містяться в розчинниках та фарбах, створює ризик професійних інтоксикацій, алергічних проявів та погіршення загального самопочуття персоналу. Ефективним механізмом мінімізації цієї загрози є організація примусової або природної вентиляції приміщень, а також обов’язкове застосування засобів індивідуального захисту (респіраторів відповідного класу захисту та хімічно стійких рукавичок);
- забруднення повітря дисперсним пилом (роботи, пов’язані з використанням будівельних сумішей, зокрема цементу, призводять до утворення високої концентрації дрібнодисперсного пилу, що підвищує ймовірність розвитку патологій дихальної системи. Для контролю пилоутворення на об’єкті передбачається впровадження локальних систем аспірації, використання промислових пилососів та регулярне вологе прибирання робочих зон, що

дозволяє утримувати рівень забруднення повітря в межах гранично допустимих концентрацій (ГДК)).

4.2.3 Чинники технологічного походження

Виробничий процес на майданчику логістичного комплексу характеризується високою інтенсивністю монтажних та зварювальних робіт, що зумовлює наявність специфічних технологічних загроз. Основні аспекти моніторингу та мінімізації цих ризиків включають:

- експлуатація вантажопідіймальних механізмів (монтаж великогабаритних конструкцій передбачає застосування кранового обладнання, що створює ризик аварійних ситуацій, пов'язаних із падінням вантажів або втратою стійкості техніки. Для забезпечення безпеки на об'єкті впроваджується багаторівневий контроль: обов'язкове підвищення кваліфікації кранівників та стропальників, оснащення спецтехніки автоматичними системами сигналізації, а також суворе дотримання графіків технічного огляду механізмів);
- ризики при виконанні зварювальних робіт (з'єднання металевих вузлів каркаса супроводжується комплексним впливом небезпечних факторів: ризиком термічних опіків, інтенсивним ультрафіолетовим опроміненням та емісією токсичних газів. Превентивна стратегія безпеки в даному сегменті базується на використанні професійних засобів індивідуального захисту (масок зі світлофільтрами, вогнетривкого спецодягу), облаштуванні робочих постів мобільними витяжними пристроями та дотриманні технологічних карт, що регламентують безпечну послідовність робіт).

4.2.4. Чинники організаційного походження

Ефективна організація виробничого простору є базисом для мінімізації виробничого травматизму та формування безпечного робочого середовища. Реалізація цього завдання здійснюється за двома стратегічними напрямами:

- просторове зонування та логістичне планування (робочий простір майданчика потребує чіткого розмежування транспортних потоків та зон переміщення пішоходів, що дозволяє виключити ризик виникнення інцидентів між технікою та персоналом. Крім того, проєкт виконання робіт (ПВР) має

передбачати комплекс інженерно-технічних рішень для захисту від падіння з висоти (влаштування огороджень, захисних сіток) та запобігання травмуванню внаслідок падіння будівельних матеріалів чи інструментів (створення безпечних зон складування));

- формування системи професійної компетентності (важливою ланкою в ланцюгу безпеки є впровадження циклічної системи навчання персоналу. Вона передбачає не лише базові інструктажі, а й поглиблене ознайомлення працівників із нормативними вимогами та специфічними ризиками, що притаманні роботі з конкретними видами матеріалів чи технологічного обладнання. Такий підхід гарантує, що кожен фахівець чітко розуміє алгоритми дій, визначені проєктною документацією з безпеки, та дотримується їх у щоденній практиці).

4.2.5. Чинники екологічного походження

Окрім внутрішніх факторів, істотний вплив на умови праці та прилеглу територію має екологічний аспект будівельного виробництва. У контексті зведення логістичних комплексів критичними є наступні чинники:

- мінімізація техногенного навантаження (робота з будівельними матеріалами та хімічними компонентами передбачає ризики забруднення ґрунтових вод та атмосферного повітря. Пріоритетом стає впровадження систем поводження з відходами: їх роздільне збирання, своєчасне вивезення та утилізація згідно з екологічними стандартами);
- контроль акустичного впливу (амплітуда шумового забруднення потребує обмежень не лише заради захисту персоналу, а й задля дотримання санітарних норм для прилеглої забудови. Для цього впроваджуються заходи з локалізації джерел шуму (монтаж шумозахисних бар'єрів) та встановлення часових регламентів використання важкої техніки).

З метою забезпечення високого рівня промислової безпеки на об'єкті реалізується багаторівнева система захисту, що охоплює всі класи виробничих ризиків:

- ✓ фізичні - застосування сертифікованих СІЗ, організація пунктів терморегуляції, оптимізація робочих змін залежно від метеоумов;

- ✓ хімічні - впровадження аспіраційних систем, використання респіраторів, дотримання суворих протоколів транспортування та зберігання небезпечних сполук;
- ✓ технологічні - професійна атестація персоналу, регулярний моніторинг технічного стану машин, використання інноваційних методів зварювання із застосуванням локальних витяжок та захисних екранів;
- ✓ організаційні - проєктування логістичного майданчика із розділенням пішохідних та транспортних потоків, функціонування служби охорони праці з постійним наглядом за виконанням ПВР;
- ✓ екологічні- Впровадження замкнених циклів утилізації відходів, використання техніки з низьким рівнем емісії та монтаж екранувальних конструкцій для поглинання шуму.

4.3 Оцінка ймовірності виникнення аварійних ситуацій та травматизму на майданчику будівництва

Зведення об'єктів цивільної інфраструктури, зокрема логістичного центру в м. Боярка (Київська обл.), характеризується високим рівнем виробничої небезпеки, що зумовлено специфікою монтажних, висотних та загальнобудівельних робіт. Згідно з вимогами діючої нормативної бази, превентивне управління безпекою вимагає проведення комплексної процедури оцінювання ризиків. Це дозволяє провести детальну декомпозицію небезпечних чинників, встановити рівень їх критичності та розробити інженерно-технічні заходи щодо зниження ймовірності їх реалізації до безпечних меж.

У межах даного дослідження здійснено класифікацію ключових виробничих загроз з урахуванням специфіки локації та технологічних процесів (табл. 4.1). Аналітичний інструментарій, використаний у роботі (матриця оцінки ризиків), надає можливість класифікувати кожен вид небезпеки за рівнем її серйозності та частотою виникнення. На основі отриманих даних сформовано систему організаційних та інженерних рішень, спрямованих на переведення ідентифікованих ризиків у зону припустимих значень, що відповідає сучасним вимогам техніки безпеки та охорони праці.

Таблиця 4.1 – Класифікація виробничих загроз

Види небезпеки	Категорія наслідків	Імовірність реалізації	Індекс ризику	Рівень пріоритетності
Акустичне та вібраційне навантаження	III (Гранична)	B (Можлива)	3B	Помірний
Ураження електрострумом	II (Критична)	D (Віддалена)	2D	Низький
Термічні ураження (зварювання)	II (Критична)	C (Випадкова)	2C	Помірний
Вплив будівельного впливу	III (Гранична)	B (Можлива)	3B	Помірний
Падіння з висоти	I (Катастрофічна)	C (Випадкова)	1C	Критичний

Гранична - незначні травми, короткочасне погіршення здоров’я.

Можлива - постійне використання обладнання.

Стратегія мінімізації та управління ризиками

Для приведення ризиків до допустимого рівня для об’єкта в м. Боярка розроблено комплекс технічних та організаційних рішень:

Висотна безпека (Пріоритет №1): оскільки ризик падіння класифіковано як неприпустимий, впроваджується обов’язкове застосування систем колективного захисту (огородження, захисні сітки) та страхувальних поясів з амортизаторами. Монтажні роботи на висоті допускаються лише після проходження цільового інструктажу;

Захист від енергонебезпек: усі зварювальні пости та обладнання перевіряються на справність заземлення. Використовуються захисні екрани для локалізації ультрафіолетового випромінювання та іскор;

Мікрокліматичне регулювання: для мінімізації впливу пилу на робочих місцях впроваджуються локальні системи очищення повітря. Робота техніки планується з урахуванням акустичних бар'єрів для захисту як персоналу, так і мешканців прилеглих територій Боярської громади;

Організаційний контроль: встановлюється чіткий графік руху вантажної техніки, що мінімізує перетин транспортних та пішохідних потоків, що особливо важливо для умов міської забудови в Боярці;

Утилізація: впроваджено роздільний збір будівельного сміття (метал, пластик, папір), що запобігає забрудненню місцевих ґрунтів.

Шумова локалізація: використання сучасних малошумних двигунів на кранах та встановлення тимчасових шумозахисних щитів по периметру майданчика дозволяють мінімізувати акустичний дискомфорт для мешканців Боярки.

4.4 Формування безпечних умов праці та інженерне облаштування будівельного майданчика

4.4.1 Технічні та організаційні рішення щодо безпечного виконання будівельно-монтажних робіт

Процес зведення будівельних конструкцій належить до категорії операцій з високим рівнем професійного ризику, що вимагає впровадження жорстких протоколів техніки безпеки та протипожежного захисту. Формування безпечного робочого середовища на етапі монтажу є критичним завданням, спрямованим на мінімізацію ймовірності травматизму та запобігання позаштатним ситуаціям.

Технологічне виконання монтажних операцій підпорядковується суворим нормативним вимогам, зокрема положенням [28], які визначають алгоритми безпечної організації виробничих процесів. Дотримання цих стандартів забезпечує комплексний підхід до контролю якості виконання робіт, захисту персоналу та стабільного функціонування будівельного майданчика в цілому**.**

4.4.1.1 Базові нормативні положення щодо забезпечення безпеки праці

Успішна реалізація монтажного циклу неможлива без дотримання суворого протоколу превентивних заходів та створення належних умов праці. Системний підхід до безпеки на будівельному майданчику базується на наступних принципах:

1. Забезпечення індивідуального та колективного захисту: всі технологічні операції на висоті виконуються виключно із застосуванням сертифікованих страхувальних систем (запобіжних поясів, настилів, огороджувальних конструкцій та риштувань). Персонал обов'язково забезпечується повним комплектом спецодягу та ЗІЗ (захисні шоломи, рукавиці, спецвзуття), що відповідають сертифікаційним вимогам.

2. Диференціація небезпечних зон: робочі ділянки, де проводяться монтажні маніпуляції, підлягають обов'язковому огородженню із встановленням відповідних знаків безпеки.

3. Контроль технічного стану: перед початком зміни обов'язковим є проведення ревізії справності вантажопідіймальних механізмів, кранового обладнання та допоміжних монтажних пристроїв.

Технологічний регламент підіймально-монтажних робіт

Транспортування металевих елементів (колон, ферм) у проєктне положення виконується згідно з технологічною картою, що виключає динамічні навантаження, ривки та розгойдування. Підйом конструкції реалізується у два етапи:

Попередній контроль: конструкцію підіймають на висоту 200–300 мм для проведення пробної перевірки якості стропування та надійності фіксації монтажних вузлів.

Завершальна стадія: після верифікації надійності кріплень здійснюється підйом до проєктної позначки.

4.3.1.2 Технічна безпека при використанні технологічного обладнання для монтажу

Експлуатація технічних засобів під час монтажних робіт потребує суворого дотримання протоколів промислової безпеки, спрямованих на виключення аварійних ситуацій. Основні вимоги до організації робіт включають:

1. *Інженерно-технічний контроль:* перед початком кожного робочого циклу обов’язковим є проведення ревізії технічного стану кранового обладнання. Ключовим етапом є верифікація відповідності номінальної вантажопідіймальності механізму фактичній масі монтованих елементів відповідно до розрахункових даних.
2. *Локалізація небезпечних ділянок:* зони проведення маніпуляцій із великогабаритними конструкціями підлягають обов’язковому фізичному огородженню. Допуск сторонніх осіб до небезпечних ділянок під час переміщення вантажів категорично заборонено.
3. *Гідрометеорологічні обмеження:* виконання монтажних операцій на відкритому майданчику регламентується поточними погодними умовами. Роботи призупиняються при досягненні критичних значень сили вітру, за наявності ожеледиці, обмеженої видимості (туман) або інших кліматичних факторів, що створюють загрозу стійкості конструкцій та безпеці персоналу.

4.4.1.3 Протипожежний захист

З огляду на специфіку монтажних робіт, що супроводжуються застосуванням високотемпературного обладнання та потенційно вогненебезпечних матеріалів, забезпечення протипожежного захисту є обов'язковим елементом організації виробництва. Організаційно-технічна система протипожежної безпеки на об’єкті включає такі заходи:

Матеріально-технічне забезпечення систем гасіння: будівельний майданчик має бути укомплектований первинними засобами пожежогасіння (сертифікованими вогнегасниками, протипожежними щитами та інвентарем). Додатково обов’язковою є наявність стаціонарного або тимчасового пожежного

водопроводу, що забезпечує необхідний тиск та об’єм води для локалізації загорянь.

Регламент поводження з небезпечними речовинами: Горючі рідини, мастильні матеріали та речовини з підвищеною пожежною небезпекою (зокрема бітумні суміші) підлягають зберіганню виключно у спеціально відведених для цього зонах, обладнаних відповідно до вимог пожежної безпеки.

Просторове розмежування джерел загоряння: Розміщення обладнання, що працює на відкритому вогні або створює термічне випромінювання (бітумні котли, автономні генератори, газозварювальні пости), здійснюється на безпечній відстані - не менше 50 метрів від місць зосередження монтажного персоналу та місць монтажу конструкцій.

Формування культури безпеки: Персонал об’єкта залучається до регулярних навчань та інструктажів, програма яких охоплює основи пожежної профілактики, методику використання засобів пожежогасіння та алгоритми евакуації у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

4.4.1.4 Управління та нагляд за безпекою

Для забезпечення високого рівня промислової безпеки під час виконання робіт на об’єкті встановлюється наступний регламент:

Моніторинг технічного стану та робочого середовища: Процес монтажу передбачає системний контроль справності задіяного обладнання та відповідності умов праці встановленим санітарно-гігієнічним нормам. Поточні інспекції здійснюються на всіх етапах реалізації проєкту, що дозволяє своєчасно виявляти та усувати виробничі ризики.

Регламентація комунікації та координації: З метою виключення нещасних випадків та помилок під час виконання вантажопідіймальних операцій впроваджується єдина система візуальних та звукових сигналів. Координація монтажних робіт покладається на одну відповідальну особу (сигнальника), що забезпечує чіткість управління та виключає суперечливі команди.

Система професійної підготовки та контролю: Фундаментом безпеки є безперервний цикл інструктажів персоналу та верифікація працездатності засобів

індивідуального та колективного захисту. Суворе дотримання галузевих стандартів безпеки є обов'язковою умовою допуску до виконання монтажних маніпуляцій.

4.4.1.5 Особливості забезпечення безпеки праці в умовах дії особливого правового режиму

Реалізація інвестиційно-будівельних проєктів, зокрема зведення логістичного комплексу в м. Боярка (Київська обл.), в умовах воєнної агресії вимагає інтеграції багаторівневої системи захисних заходів. Стратегія забезпечення життєздатності об’єкта та захисту життя персоналу реалізується за трьома ключовими напрямами:

1. Архітектурно-конструктивні рішення

З метою мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій воєнного характеру, проєкт передбачає наступні рішення:

Інженерний захист: На території об’єкта забезпечується наявність сертифікованої захисної споруди цивільного захисту або гарантується швидкий доступ персоналу до найближчих об’єктів укриття відповідно до нормативів ДСНС.

Використання підземного простору: Підвальні рівні будівлі проєктуються як приміщення подвійного призначення, обладнані автономною вентиляцією та захищеними виходами для використання в якості тимчасових сховищ.

Стійкість огороджувальних конструкцій: Фасадні системи, вітринні блоки та вхідні групи виконуються із застосуванням ударостійких, вогнетривких матеріалів. Усі навісні архітектурні елементи, зокрема рекламні конструкції та вивіски, проходять розрахунок на вплив надмірного тиску ударної хвилі із застосуванням підсилених вузлів кріплення.

2. Організаційно-процедурні заходи

Для формування безпечного робочого середовища впроваджується наступний комплекс заходів:

Евакуаційна стратегія: розробляється детальний план евакуації з візуальною навігацією (світлові та контрастні вказівники), що чітко позначає безпечні маршрути до зон укриття.

Навчально-тренувальна база: персонал об'єкта залучається до регулярних інструктажів, що охоплюють алгоритми дій під час повітряних тривог, обстрілів та евакуації.

Автономізація життєзабезпечення: захищені зони комплектуються стаціонарними запасами питної води, аптечками першої допомоги, засобами автономного освітлення та резервними засобами комунікації на випадок ізоляції персоналу.

Інтелектуальне управління: впроваджується система дистанційного керування інженерними мережами (освітлення, вентиляція, системи пожежогасіння), що дозволяє безпечно деактивувати обладнання без безпосередньої присутності оператора в зоні ризику.

3. Превентивний моніторинг та управління ризиками

Операційна діяльність на будівельному майданчику здійснюється з урахуванням динамічного безпекового контексту:

Цифрова координація: перевага надається методам дистанційного проєктування та оперативного менеджменту, що дозволяє скоротити кількість персоналу безпосередньо на майданчику.

Оперативний моніторинг: робочий графік формується на основі даних офіційних каналів оповіщення (системи ДСНС, органи місцевої влади). У разі критичного підвищення рівня загрози перебування робітників на об'єкті обмежується або повністю призупиняється до стабілізації безпекової ситуації.

4.5 Висновки до розділу 4

Проведений аналіз виробничого середовища під час спорудження логістичного центру в м. Боярка дозволив виявити ключові чинники, що детермінують рівень професійного ризику та визначають стан охорони здоров'я персоналу. Доведено, що для мінімізації ймовірності виникнення аварійних ситуацій та підвищення рівня безпеки на об'єкті необхідне системне

впровадження комплексу превентивних заходів, оптимізація технологічних процесів, суворе забезпечення працівників належними засобами індивідуального захисту та постійний нагляд за виконанням чинних нормативів з охорони праці.

У контексті даного дослідження здійснено всебічну оцінку умов праці на будівельному майданчику, причому враховано сукупний вплив фізичних, технологічних, хімічних та організаційних аспектів, а також екологічних характеристик локації. Ідентифікація та класифікація виробничих загроз виконані відповідно до критеріїв їхньої ймовірності та масштабів потенційних наслідків, після чого проведено кількісне оцінювання ризиків з використанням аналітичного інструментарію матриці ризику. Отримані дані стали підґрунтям для формування переліку практичних рекомендацій щодо нівелювання або зниження рівня небезпечних факторів.

Окремий блок роботи присвячено адаптації системи безпеки до сучасних викликів, пов’язаних із дією воєнного стану, що є критично важливим аспектом для об’єкта будівництва в м. Боярка Київської області. Обґрунтовані в роботі архітектурно-конструктивні та організаційні рішення мають на меті підвищення рівня захищеності трудового колективу та створення умов для сталого функціонування будівельного процесу навіть в умовах підвищеної зовнішньої загрози.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів». Зі змінами. К: Міністерство охорони здоров'я, 2019, 46с.

2. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій». К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2019, 185 с.

3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія». К.: Мінрегіонбуд України, 2011. -127 с.

4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Проєктування : норми. - Київ : Мінбуд України, 2006. - 59 с. - (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів) (зі зміною № 1:2021)

5. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». К.: Міністерство розвитку громад та територій України. 2022. -27 с.

6. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови : чинний від 2009-01-01. - Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2008. - 22 с. - (із Зміною № 2:2019).

7. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель : чинний від 2023-01-01. - Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. - 63 с

8. ДСТУ Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій». К.: Мінрегіон України 2014. -41с.

9. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд зі змінами». К.: Мінрегіонбуд України. 2018. -30 с.

10. ДСТУ 8855:2019. Визначення класу наслідків (відповідальності) : чинний від 2019-10-01. - Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. - 14 с.

11. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування : норми. - Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. - 199 с

12. Лівінський О. М., Хоменко О.Г., Терещук М. О., Любченко І.Г., Ратушняк Г. С., Єсипенко А. Д. Металеві конструкції. Підручник для студентів вищих навчальних закладів.- К.: «МП Леся», 2018. – 306 с.

13. Клименко С. В., Дорофєєв В. С., Довженко О. О., Костюк А. І., Постернак О. О., О. С. Чернєва О. С., Лисенко Є. В., Ляшенко Т. В., Мельник М. В.. Будівельні конструкції.: навч. посіб. / За ред. Клименка Є. В. - К. : Б 90 «Центр учбової літератури», 2012. - 426 с.

14. Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В., Білик С. І., Лавріненко Л. І., Бєлов І. Д., Володимирський В. О. Металеві конструкції. Загальний курс. Підручник для закладів вищої освіти. – Видання 2 –е, перероблене і доповнене /Під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. –К.: Видавництво «Сталь», 2010. -869 с.

15. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація : чинний від 1997-07-01. -Київ : Держбуд України, 1996. - 25 с.

16. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд : норми. - Київ : Мінрегіон України, 2018. - 42 с.

17. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр (дата звернення: 10.06.2026).

18. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12 (дата звернення: 10.06.2026).

19. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08 (дата звернення: 10.06.2026).

20. Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану : Закон України від 15.03.2022 № 2136-IX. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2136-20 (дата звернення: 10.06.2026).

21. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 10.06.2026).

22. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15 (дата звернення: 10.06.2026).

23. ДБН В.2.2-28:2018. Будинки і споруди. Складські будівлі. Київ : Мінрегіон України, 2018. 27 с.

24. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017. 39 с.

25. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 149 с.

26. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 32 с.

27. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14 (дата звернення: 10.06.2026).

28. ДБН А.3.2-2-2009. «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення». – К.: Мінбуд України, 2012. - 117 с.