

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

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

Кафедра будівельних конструкцій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**АВТОМОБІЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-СЕРВІСНИЙ
ЦЕНТР У М. ХАРКОВІ**

Виконав: студент 4 курсу, ПЦБ 2023-1у

Спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітньої програми – Промислове та цивільне будівництво

Рибченко Іван Васильович



Керівник: кандидат технічних наук, доцент кафедри
будівельних конструкцій Череднік Д.Л.



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



**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ 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

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Рибченко Івану Васильовичу

Спеціальність: 192 - Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Автомобільний торговельно-сервісний центр у м. Харкові*, 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 майданчика, конструктивна схема та планувальні рішення об'єкта.*

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

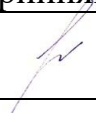
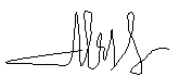
Перелік графічного матеріалу (із чітким зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: *ситуаційний план, план першого поверху на відм. $\pm 0,000$, фасади будівлі, характерні розрізи, план покрівлі з організацією водовідведення;*

- розрахунково-конструктивна частина: *схема розташування несучих елементів сталевих каркаса, схеми розміщення ферм, прогонів та вертикальних і горизонтальних зв'язків, розрізи каркаса, конструктивні вузли з'єднання елементів, геометрична схема кроквяної ферми та креслення її елементів і вузлів; план фундаментів;*

- технологічні рішення та організація будівництва: *технологічна карта монтажу металевих конструкцій.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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  к.т.н., доц. Череднік Д.Л.

Завдання прийняв до виконання  ст. гр. ПЦБ 2023-1у Рибченко І.В.

Дата видачі завдання « 01 » червня 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. Архітектурно-будівельна частина	8
1.1 Характеристика району будівництва та основні параметри проектування	8
1.2 Архітектурно-планувальна концепція будівлі	9
1.3 Конструктивне рішення будівлі	10
1.4 Розрахунок та оцінка теплозахисних властивостей огорожуючої конструкції	14
Розділ 2. Розрахунково-конструктивна частина	19
2.1 Розрахунок надземної частини	19
2.1.1 Обґрунтування вибору класу міцності сталі для елементів каркаса	19
2.1.2 Формування розрахункових навантажень на раму каркаса	19
2.1.3 Визначення розрахункових схем дії навантажень	26
2.1.4 Розрахунок поперечної рами	27
2.1.5 Розрахунок колони	30
2.1.6 Розрахунок сталеві ферми покриття	32
2.2 Розрахунок підземної частини	45
2.2.1 Вихідні параметри для розрахунку	45
2.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов	45
2.2.3 Проектування фундаментів під сталеві колони	47
2.2.4 Визначення осідання фундаменту методом пошарового підсумовування	50
2.2.5 Перевірка фундаменту на продавлювання	52
2.2.6 Підбір робочої арматури фундаменту	53
Розділ 3. Технологічні рішення та організація будівництва	55
3.1 Вихідні характеристики об'єкта проектування	55
3.2 Основні відомості про об'єкт і конструкції, що монтуються	55
3.3 Розроблення технології монтажу конструкцій та обґрунтування вибору монтажних механізмів	56

3.4 Організація потокового виконання монтажних робіт	68
3.5 Вимоги охорони праці та безпеки під час виконання монтажних робіт	69
3.6 Технологія встановлення конструкцій каркаса	71
3.7 Техніко-економічні показники проекту	73
Розділ 4. Охорона праці	74
4.1 Законодавчі аспекти забезпечення безпечних умов праці	74
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек в автомобільному торговельно-сервісному центрі	76
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек в автомобільному торговельно-сервісному центрі	78
4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі	81
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	87

ВСТУП

Автомобільний транспорт є одним із найважливіших елементів сучасної транспортної системи, що забезпечує мобільність населення, функціонування економіки та розвиток інфраструктури міст. Постійне збільшення кількості транспортних засобів, розширення ринку автомобільної продукції та зростання вимог споживачів до якості обслуговування обумовлюють необхідність створення сучасних автомобільних торговельно-сервісних центрів, які поєднують функції продажу, технічного обслуговування, ремонту та супутнього сервісу.

Особливої актуальності питання будівництва та модернізації об'єктів автомобільної інфраструктури набуває в умовах відновлення та розвитку українських міст. Такі об'єкти сприяють покращенню транспортного обслуговування населення, створенню нових робочих місць, розвитку малого та середнього бізнесу, а також формуванню сучасного міського середовища. Автомобільні торговельно-сервісні центри є багатофункціональними спорудами, які повинні відповідати високим вимогам щодо безпеки, надійності, енергоефективності, комфорту та технологічності.

Місто Харків є одним із найбільших промислових, наукових і транспортних центрів України. Значна кількість автомобільного транспорту, розвинена мережа магістралей та потреба у якісному сервісному обслуговуванні автомобілів зумовлюють доцільність будівництва нових спеціалізованих центрів, здатних забезпечити повний комплекс послуг для власників транспортних засобів. Проектування такого об'єкта потребує комплексного підходу, що включає розроблення архітектурно-планувальних рішень, конструктивних схем, інженерного забезпечення, організації будівництва та заходів з охорони праці.

Метою даної бакалаврської роботи є розроблення проєкту автомобільного торговельно-сервісного центру у місті Харкові з урахуванням сучасних вимог до громадських і виробничих будівель, чинних будівельних норм та принципів ефективного використання території. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку завдань, пов'язаних із вибором об'ємно-планувального рішення будівлі, визначенням конструктивної схеми, розрахунком основних несучих

конструкцій, розробленням технології виконання будівельно-монтажних робіт та оцінкою безпечних умов праці під час зведення об'єкта.

У процесі виконання роботи використовуються сучасні методи проєктування та розрахунку будівельних конструкцій, а також положення чинних нормативних документів України. Проєктні рішення приймаються з урахуванням вимог щодо надійності, довговічності, пожежної безпеки, енергоефективності та експлуатаційної придатності будівлі. Особлива увага приділяється раціональному використанню будівельних матеріалів і забезпеченню економічної ефективності запропонованих конструктивних рішень.

Структура бакалаврської роботи відповідає поставленим завданням та охоплює основні етапи проєктування об'єкта. У роботі наведено архітектурно-будівельні рішення, виконано розрахунки конструктивних елементів, розроблено технологічну карту на окремий вид будівельно-монтажних робіт, визначено техніко-економічні показники та запропоновано заходи з охорони праці. Результати роботи можуть бути використані як приклад комплексного підходу до проєктування сучасних автомобільних торговельно-сервісних центрів та враховані під час реалізації аналогічних об'єктів у майбутньому.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика району будівництва та основні параметри проєктування

Об'єктом проєктування є автомобільний торговельно-сервісний центр, призначений для продажу, технічного обслуговування та супутнього сервісу автомобілів у місті Харкові.

Будівельний майданчик розташований у межах I архітектурно-будівельного кліматичного району України, що характеризується помірно континентальними кліматичними умовами. Розрахункова температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби із забезпеченістю 0,92 становить мінус 28 °С, а середня температура найбільш холодної п'ятиденки із такою ж забезпеченістю приймається рівною мінус 23 °С.

Для району будівництва характерне переважання західного напрямку вітру в зимовий період та північного напрямку в літній сезон. Середньорічна кількість атмосферних опадів складає близько 527 мм, при цьому максимальна добова кількість опадів у теплий період року може досягати 83 мм.

Згідно з інженерно-кліматичними характеристиками території, нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту становить 1,2 м. При розрахунку несучих та огорожувальних конструкцій враховуються нормативні значення кліматичних навантажень: характеристичне снігове навантаження приймається 1,6 кПа, а характеристичний вітровий тиск – 0,43 кПа [1].

Дана будівля належить до II ступеня вогнестійкості та II ступеня довговічності. За класом наслідків об'єкт відноситься до категорії СС2 [2, 3], а за складністю прийнятих архітектурно-конструктивних рішень належить до III класу складності. Зазначені характеристики враховуються при виборі конструктивної схеми, матеріалів та розробленні заходів щодо забезпечення надійності, безпеки й довговічності споруди протягом нормативного терміну експлуатації.

1.2 Архітектурно-планувальна концепція будівлі

Архітектурно-планувальні рішення автомобільного торговельно-сервісного центру розроблені відповідно до вимог чинних нормативних документів України: ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення» [4], ДБН В.2.2-23:2009 «Підприємства торгівлі» [5], ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» [6] та ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [7].

При розробленні об'ємно-планувального рішення забезпечено функціональне розділення зон обслуговування клієнтів, адміністративних приміщень та виробничих ділянок технічного сервісу автомобілів. Планувальна структура будівлі сформована з урахуванням технологічних процесів приймання, демонстрації, продажу, технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів.

Будівля має прямокутну форму в плані з розмірами в осях $57,2 \times 46,0$ м. Кількість поверхів – два. Висота поверхів становить 2,8 м. Покриття будівлі запроєктовано плоским із зовнішнім організованим водовідведенням. Площа забудови складає $2655,01 \text{ м}^2$, корисна площа приміщень – $2506,78 \text{ м}^2$, будівельний об'єм – $25409,47 \text{ м}^3$.

Перший поверх призначений для розміщення основних функціональних та виробничих зон комплексу. Центральною частиною є торгово-виставковий зал площею $509,85 \text{ м}^2$, який забезпечує демонстрацію автомобілів та приймання відвідувачів. Поруч розташована рецепція площею $125,10 \text{ м}^2$, що виконує функції консультаційного та інформаційного центру.

Виробничий блок представлений ділянкою технічного обслуговування площею $829,40 \text{ м}^2$, фарбувальною ділянкою площею $297,80 \text{ м}^2$, рихтувальною ділянкою площею $389,10 \text{ м}^2$, агрегатною та регулювальною ділянками. Для забезпечення виробничих процесів передбачені склади запасних частин, матеріалів та допоміжних ресурсів. Крім того, на поверсі розміщено дві мийки

автомобілів, приміщення для персоналу, санітарно-побутові приміщення, розрахунково-касовий вузол, щитову та інші допоміжні приміщення.

Вертикальне сполучення між поверхами забезпечується двома сходовими клітками, які одночасно виконують функції шляхів евакуації відповідно до вимог пожежної безпеки [7].

Другий поверх має адміністративне та допоміжне призначення. Значна частина його простору організована у вигляді зон другого світла над торгово-виставковим залом, дільницею технічного обслуговування, рихтувальною та фарбувальною дільницями. Таке рішення забезпечує покращення природного освітлення приміщень та підвищує комфортність внутрішнього середовища.

На другому поверсі розташовано балкон торгово-виставкового залу площею 78,15 м², зал-кафе для відвідувачів та працівників комплексу, підсобні приміщення кафе, офісні приміщення, кабінети керівництва, серверну кімнату, приміщення для приймання їжі персоналом, а також інженерні приміщення теплотехнічного призначення.

Планувальні рішення забезпечують логічний взаємозв'язок між усіма функціональними зонами будівлі, відповідають вимогам безпечної експлуатації, пожежної безпеки та доступності для маломобільних груп населення [6, 7]. Прийнята архітектурно-планувальна схема створює сприятливі умови для ефективного функціонування автомобільного торговельно-сервісного центру та комфортного перебування відвідувачів і персоналу.

1.3 Конструктивне рішення будівлі

Автомобільний торговельно-сервісний центр запроєктовано за каркасною конструктивною схемою. Просторова жорсткість та стійкість будівлі забезпечуються спільною роботою сталевих колон, балок покриття, кроквяних ферм та системи вертикальних і горизонтальних зв'язків. Каркас сприймає постійні та тимчасові навантаження і передає їх через фундаменти на основу.

Будівля є двоповерховою з підвальним поверхом. Максимальна висота споруди від рівня планувальної відмітки землі до найвищої точки покриття

становить 7,1 м. Висота підвального поверху прийнята 3,9 м. Горищний простір не передбачається, покрівля є суміщеною та неексплуатованою.

1.3.1 Фундаменти

Основою несучої системи будівлі є окремо розташовані залізобетонні фундаменти під сталеві колони. Конструкції фундаментів прийнято збірно-монолітними із суцільними підколонниками та анкерними елементами для кріплення колон каркаса. Для виготовлення фундаментів використовується бетон класу С16/20.

Під зовнішні та внутрішні стіни передбачено монолітні стрічкові залізобетонні фундаменти. Передавання навантажень на ґрунтову основу здійснюється через бетонну підготовку товщиною 100 мм. Для захисту підземних конструкцій від впливу ґрунтової вологи передбачено вертикальну обмазувальну гідроізоляцію з бітумних матеріалів у два шари. Проектування фундаментів виконано відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 [8].

1.3.2 Колони

Вертикальними несучими елементами каркаса є сталеві колони зварного двотаврового перерізу 300×300 мм. Залежно від розташування в плані висота колон становить 3,15; 6,23 та 6,53 м. У межах виставкової зони застосовано трубчасті колони круглого перерізу $\varnothing 323 \times 6$ мм, що дозволяє покращити архітектурне сприйняття внутрішнього простору.

Для сприйняття горизонтальних навантажень частина колон включена до системи вертикальних зв'язків. У місцях примикання балок, ферм та зв'язкових елементів передбачені закладні деталі. Несучі елементи каркаса виготовляються зі сталі класу С245. Для забезпечення нормативної межі вогнестійкості всі металеві конструкції покриваються спеціальними вогнезахисними складами.

1.3.3 Несучі конструкції покриття

Покриття будівлі спирається на сталеві кроквяні ферми та балки. Ферми мають незначний ухил верхнього поясу, що забезпечує організоване відведення атмосферних опадів. Просторова робота конструкцій покриття забезпечується спільною дією ферм, прогонів, настилу та системи зв'язків.

Основні ферми виконані зі спарених сталевих кутиків. У різних частинах будівлі застосовані полігональні ферми прольотом близько 17 м із висотою на опорах від 1,7 до 2,0 м. На окремих ділянках покриття використані сталеві балки двотаврового перерізу. Монтаж конструкцій здійснюється за допомогою болтових та зварних з'єднань. Для виготовлення ферм застосовується сталь С255, а для балок – С245.

1.3.4 Система просторової жорсткості

Надійність та геометрична незмінність каркаса забезпечуються системою вертикальних і горизонтальних зв'язків. Вони розташовані між колонами та несучими елементами покриття. Зв'язки сприймають вітрові та монтажні навантаження, забезпечуючи спільну роботу всіх елементів каркаса.

Конструктивно зв'язки виконуються зі спарених сталевих кутиків. У покритті роль горизонтальних зв'язків додатково виконують прогони, які разом із настилом утворюють жорсткий просторовий диск. Для виготовлення зв'язкових елементів використовується сталь С275.

1.3.5 Зовнішні огорожувальні конструкції та перегородки

Зовнішні стіни виробничої частини будівлі виконуються з пінобетонних блоків товщиною 200 мм із подальшим улаштуванням вентильованої фасадної системи. Як облицювання використовуються алюмінієві композитні панелі, що закріплюються на металевому каркасі. Теплоізоляція фасадів забезпечується плитами з мінеральної вати на основі базальтового волокна.

Внутрішні перегородки виконуються з блоків товщиною 200 мм. Сходові клітки та протипожежні стіни між виробничими та громадськими приміщеннями передбачено з цегляної кладки товщиною 380 мм.

1.3.6 Міжповерхові перекриття

Перекриття між поверхами прийняті монолітними залізобетонними по системі сталевих балок. Несучі балки жорстко приєднуються до колон каркаса. Простір між балками заповнюється монолітним залізобетоном товщиною 80 мм, що забезпечує необхідну жорсткість та надійність конструкції.

1.3.7 Покриття та покрівля

Несучою основою покриття є система сталевих прогонів, по яких укладається профільований металевий настил висотою хвилі 22 мм. Для забезпечення нормативних теплотехнічних характеристик передбачено шар пароізоляції, теплоізоляцію з мінераловатних плит та вирівнювальну цементно-піщану стяжку.

Гідроізоляційний килим покрівлі виконується з рулонних бітумно-полімерних матеріалів у два шари. Прийнята конструкція забезпечує захист будівлі від атмосферних впливів та відповідає вимогам енергоефективності.

1.3.8 Сходи

Для вертикального сполучення між поверхами передбачені збірні залізобетонні сходові марші та площадки заводського виготовлення. Ширина маршів і площадок становить 1,2 м, що відповідає вимогам евакуації людей. Сходи обладнуються металевими огороженнями висотою 0,9 м.

1.3.9 Заповнення прорізів

Внутрішні двері прийняті дерев'яними одностулковими різних типорозмірів залежно від призначення приміщень. Головні входи до будівлі обладнані автоматичними скляними дверними системами.

Для в'їзду автомобілів у виробничі приміщення передбачені автоматизовані секційні ворота з електроприводом. Конструкція воріт забезпечує необхідні теплоізоляційні характеристики та зручність експлуатації.

1.3.10 Конструкція підлог

У виробничих приміщеннях застосовуються бетонні підлоги по ущільненій основі із щебеню. В адміністративних приміщеннях передбачено покриття з лінолеуму, а в санітарно-побутових та громадських приміщеннях — покриття з керамічної плитки. Конструкція підлог забезпечує довговічність, зносостійкість та зручність експлуатації.

1.3.11 Відмостка

Для захисту фундаментів від поверхневих вод по периметру будівлі передбачено асфальтобетонну відмостку шириною 1,0 м з ухилом 3 % від

зовнішніх стін.

1.3.12 Інженерне обладнання

Будівля оснащується сучасними інженерними системами, до складу яких входять мережі господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопостачання, побутова й виробнича каналізація, система гарячого водопостачання, опалення, вентиляція, електропостачання, слабкострумові мережі, засоби зв'язку та системи пожежної сигналізації. Комплекс інженерних систем забезпечує комфортні та безпечні умови експлуатації об'єкта.

1.4 Розрахунок та оцінка теплозахисних властивостей огорожуючої конструкції

Для забезпечення нормативного рівня енергоефективності будівлі виконано теплотехнічний аналіз покрівельної огорожувальної конструкції. Перевірка проведена відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [9] із використанням методики, наведеної в ДСТУ 9191:2022 [10].

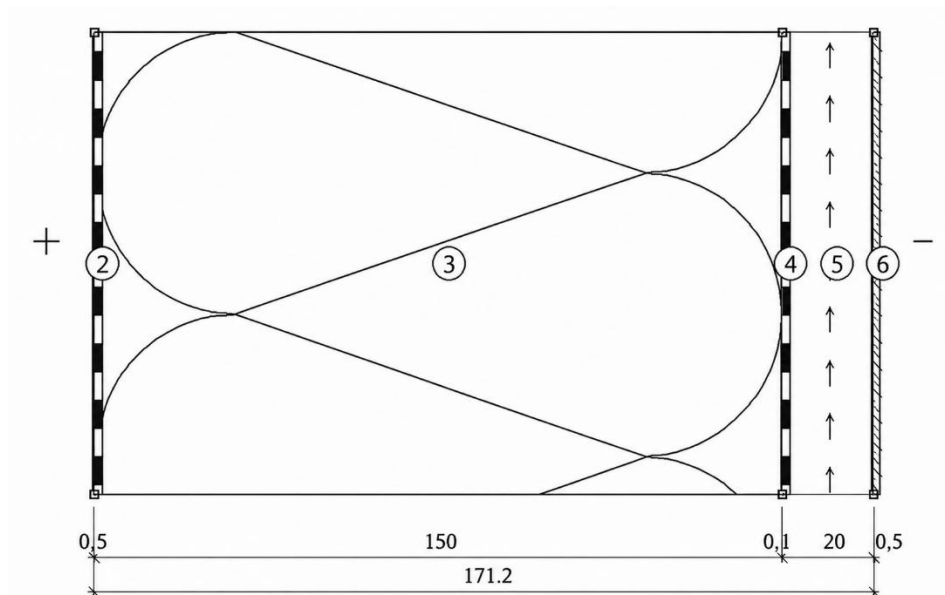


Рис. 1.1 – Схема пошарування стіни

Конструкція покриття складається з декількох функціональних шарів, кожен з яких виконує певне завдання у забезпеченні теплоізоляційних характеристик. До складу конструкції входять сталевий профільований настил,

пароізоляційний шар, теплоізоляція з мінераловатних плит на основі базальтового волокна та гідроізоляційний бітумно-полімерний покрівельний килим.

Визначення теплотехнічних характеристик здійснювалося для умов експлуатації будівлі торговельного призначення. Відповідно до вимог додатка Б ДБН В.2.6-31:2021 розрахункова температура внутрішнього повітря приймається 20 °С, а відносна вологість - 50 %. За цих параметрів вологісний режим приміщень належить до нормального, а умови експлуатації огорожувальної конструкції відносяться до категорії Б.

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів прийнято згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022. Найбільший внесок у забезпечення теплозахисних властивостей конструкції забезпечує шар мінераловатного утеплювача товщиною 150 мм із коефіцієнтом теплопровідності 0,0381 Вт/(м·К). Тонкі шари паро- та гідроізоляції практично не впливають на загальний опір теплопередачі, однак є важливими для забезпечення довговічності конструкції та захисту утеплювача від зволоження.

Для оцінювання теплозахисних властивостей огороження спочатку визначаються опори тепловіддачі на внутрішній та зовнішній поверхнях конструкції. Їх значення приймаються згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022 [10] з урахуванням типу огорожувального елемента та умов його експлуатації:

$$h_{si} = 8.7 \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad h_{se} = 23 \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad (1.1)$$

Подальший розрахунок передбачає визначення сумарного опору теплопередачі шляхом врахування теплотехнічних характеристик усіх шарів конструкції. Оскільки досліджуваний фрагмент є термічно однорідним та не містить теплопровідних включень, приведений опір теплопередачі приймається рівним розрахунковому:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.0005}{58} + \frac{0.0001}{0.3} + \frac{0.15}{0.0381} + \frac{0.0001}{0.17} + \frac{1}{23} = 4.096 \frac{M^2 \cdot K}{Bm} \quad (1.2)$$

Отриманий результат порівнюється з нормативним значенням, установленим для І температурної зони України. Для будівель торговельного призначення мінімально допустимий опір теплопередачі приймається відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [9]. У разі перевищення розрахункового значення над нормативним конструкція вважається такою, що відповідає вимогам енергоефективності.

$$A_{\Sigma}=1\text{м}^2 \quad A_1=1\text{м}^2 \quad (1.3)$$

$$R_{\Sigma np} = \frac{\frac{A_{\Sigma}}{R_s}}{\frac{A_1}{4.096}} = \frac{1}{4.096} = 4.096 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.4)$$

$$R_{qmin} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\Sigma np} = 4.1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > R_{qmin} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Після визначення приведенного опору теплопередачі виконується аналіз температурного поля по товщині огорожувальної конструкції. Розрахунок проводиться відповідно до положень ДСТУ Б В.2.6-192:2013 [11] шляхом послідовного визначення термічних опорів окремих шарів конструкції.

Для кожного шару обчислюється накопичений термічний опір від внутрішньої поверхні до відповідної межі розділу матеріалів. Отримані значення використовуються для встановлення температур у характерних площинах конструкції.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} = \frac{0.0005}{58} = 8.62 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.5)$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.0001}{0.3} = 0.000342 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.6)$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.0001}{0.3} + \frac{0.15}{0.0381} = 3.937 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.7)$$

$$R_4 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} = \frac{0.0005}{58} + \frac{0.0001}{0.3} + \frac{0.15}{0.0381} + \frac{0.0001}{0.17} = 3.938 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.8)$$

$$\theta_{ext} = -22^{\circ}\text{C};$$

Під час розрахунку приймається розрахункова температура внутрішнього повітря приміщення $\theta_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та температура зовнішнього повітря $\theta_{ext} = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$. На основі отриманих термічних опорів визначається температура на внутрішній поверхні огороження, а також на межах між сталевим листом, пароізоляційним шаром, теплоізоляцією та гідроізоляційним покриттям.

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.096} \cdot \frac{1}{8.7} = 18.821\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.9)$$

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.096} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 8.62 \cdot 10^{-6} \right) = 18.821\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.10)$$

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.096} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.000342 \right) = 18.818\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.11)$$

$$\theta_3 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.096} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.937 \right) = -21.548\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.12)$$

$$\theta_4 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_4 \right) = 20 - \frac{20 - (-22)}{4.096} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.938 \right) = -21.554\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.13)$$

$$\Delta\theta_{int-si} = \theta_{int} - \theta_0 = 20 - 18.821 = 1.179\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (1.14)$$

Результати розрахунку свідчать, що найбільше зниження температури відбувається в шарі теплоізоляції з мінераловатних плит, оскільки саме він має найбільший термічний опір. Металевий лист, пароізоляційна та гідроізоляційна мембрани через незначну товщину практично не впливають на загальний розподіл температур у конструкції.

Отриманий характер зміни температур підтверджує ефективну роботу теплоізоляційного шару та забезпечує виконання вимог щодо теплозахисту будівлі. Визначені температури надалі використовуються для перевірки умов відсутності конденсації водяної пари всередині конструкції та оцінки її експлуатаційної надійності.

Для оцінки можливості конденсації водяної пари в огорожувальній конструкції визначається температура точки роси внутрішнього повітря. Розрахунок виконується з урахуванням нормативної температури повітря в приміщенні та його відносної вологості.

$$\theta_D = \frac{237.7 \cdot \left(\frac{17.27 \cdot \theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right)}{17.27 - \left(\frac{\theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right)} = 8.6^\circ\text{C}$$

Після визначення температурного режиму огорожувальної конструкції виконується перевірка санітарно-гігієнічних вимог щодо температури внутрішньої поверхні. Згідно з п. 5.4 ДБН В.2.6-31:2021 [9] різниця між температурою внутрішнього повітря приміщення та температурою внутрішньої поверхні огороження не повинна перевищувати гранично допустимого значення.

$$\Delta\theta_{int-si,max} = 5^\circ\text{C} \quad (1.15)$$

Для досліджуваної конструкції нормативне значення температурного перепаду становить 5°C . За результатами розрахунку фактична різниця температур складає $1,18^\circ\text{C}$, що є меншою за допустиму величину. Отже, вимога щодо забезпечення комфортного температурного режиму внутрішньої поверхні огороження виконується.

$$\Delta\theta_{int-si} = 1.18^\circ\text{C} < \Delta\theta_{int-si,max} = 5^\circ\text{C}$$

$$\theta_0 = 18.82^\circ\text{C} > \theta_D = 8.6^\circ\text{C}$$

Розрахунки показали, що температура внутрішньої поверхні конструкції становить $18,82^\circ\text{C}$, тоді як температура точки роси дорівнює $8,6^\circ\text{C}$. Оскільки температура поверхні перевищує температуру конденсації водяної пари, утворення вологи на внутрішній поверхні огороження не відбуватиметься.

Таким чином, прийнята конструкція забезпечує нормативні санітарно-гігієнічні показники мікроклімату приміщень та відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо захисту від конденсації вологи та забезпечення належних теплозахисних характеристик.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок надземної частини

2.1.1 Обґрунтування вибору класу міцності сталі для елементів каркаса

Вибір марки та класу міцності сталі для несучих елементів каркаса здійснюється відповідно до вимог [12]. При призначенні матеріалу враховуються умови роботи конструкцій, ступінь відповідальності будівлі, характер навантаження, наявність зварних з'єднань, а також особливості напружено-деформованого стану елементів.

Оцінювання конструкцій виконується за системою бальної класифікації, наведеною в додатку В [12]. Для кожного конструктивного елемента визначаються окремі показники, що характеризують умови його експлуатації:

- S_1 – показник, який враховує клас відповідальності споруди;
- S_2 – показник, що залежить від функціонального призначення конструкції;
- S_3 – показник категорії елемента за напруженим станом;
- S_4 – показник, що враховує наявність розтягувальних напружень;
- S_5 – показник впливу зварних з'єднань на роботу конструкції.

Сумарний показник визначають за формулою:

$$Stot = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 \quad (2.1)$$

Отримане значення використовується для встановлення групи конструкцій згідно з додатком В [12]. Після визначення групи за таблицею Е.1 додатка Е підбирається відповідна марка сталі.

Відповідно до вимог ДБН В.1.2-14:2018 будівля належить до класу наслідків СС2. Для даного класу відповідальності значення показника S_1 для всіх конструктивних елементів приймається рівним 0 балів.

Для балок каркаса категорія призначення відповідає категорії А, а за характером напруженого стану елементи належать до III категорії. Оскільки під час роботи балок нижня зона перерізу сприймає розтягувальні напруження, показник S_4 враховується у повному обсязі. За результатами розрахунку

отримано $Stot = 21$ бал, що відповідає 3-й групі конструкцій. Для балок приймається сталь класу C245.

Для колон каркаса умови роботи аналогічні балкам. Розрахунковий показник становить $Stot = 21$ бал, що також відповідає 3-й групі конструкцій. Матеріалом колон приймається сталь класу C245.

Кроквяні ферми працюють у більш складних умовах напруженого стану та містять значну кількість зварних з'єднань. Сумарний показник становить $Stot = 29$ балів, що відповідає 1-й групі конструкцій. Для виготовлення ферм приймається сталь класу C255.

Для вертикальних зв'язків між колонами, фермами та балками покриття отримано значення $Stot = 25$ балів. Відповідно до класифікації елемент належить до 2-ї групи конструкцій, тому для нього приймається сталь класу C255.

Для горизонтальних зв'язків покриття сумарний показник становить $Stot = 22$ бали, що відповідає 3-й групі конструкцій. Для даних елементів призначається сталь класу C245.

Отже, за результатами аналізу умов роботи конструктивних елементів каркаса для балок, колон та горизонтальних зв'язків прийнято сталь класу C245, а для кроквяних ферм і вертикальних зв'язків – сталь класу C255.

2.2 Формування розрахункових навантажень на раму каркаса

2.2.1 Розрахунок постійного навантаження від елементів покриття

До складу постійного навантаження від покриття враховують власну вагу всіх елементів покрівельної системи, включаючи шари покрівлі, огорожувальні конструкції, несучі елементи покриття, кроквяні ферми, зв'язки та інші конструктивні складові. Для зручності виконання розрахунків сумарне постійне навантаження, приведене до 1 м^2 площі покриття, доцільно визначати у вигляді таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розрахункове навантаження від покриття

№ п/п	Найменування навантаження	Характеристичне значення навантаження, g^n , кПа	Експлуатаційне значення		Граничне значення	
			γ_{fe} , кПа	g_e , кПа	γ_{fm} , кПа	g_m , кПа
1	Гідроізоляційний килим	0,15	1	0,15	1,2	0,18
2	Утеплювач - мінераловатна плита $t=100\text{мм}$	0,05	1	0,05	1,2	0,06
3	Пароізоляція	0,01	1	0,01	1,2	0,012
4	Металевий профільований настил	0,11	1	0,11	1,05	0,12
5	Власна вага металоконструкцій покриття	0,4	1	0,4	1,05	0,42
	- кроквяні ферми					
	- зв'язки	0,1	1	0,1	1,05	0,11
	- прогони	0,1	1	0,1	1,05	0,11
Всього:				0,92		1,012

Для подальшого розрахунку поперечної рами визначається лінійне розрахункове навантаження, прикладене вздовж ригеля. Його величина обчислюється за формулою:

$$q_m = g_m \cdot B \cdot \gamma_n = 1,012 \cdot 6 \cdot 1,1 = 6,68 \text{ кН/м}, \quad (2.2)$$

g_m – розрахункове значення постійного навантаження, прийняте за даними табл. 2.1;

B – відстань між сусідніми колонами каркаса.

Аналогічно визначається експлуатаційне навантаження, приведене до одного погонного метра ригеля:

$$q_e = g_e \cdot B \cdot \gamma_n = 0,92 \cdot 6 \cdot 1,1 = 6,073 \text{ кН/м}, \quad (2.3)$$

Опорна реакція ферми і згинальний момент від власної ваги покриття:

$$V_m^{пост.} = \frac{q_m \cdot L}{2} = \frac{6,68 \cdot 17}{2} = 56,78 \text{ кН}, \quad (2.4)$$

$$M_t^{пост.} = V_t^{пост.} \cdot e = 56,78 \cdot 0,150 = 8,52 \text{ кНм.} \quad (2.5)$$

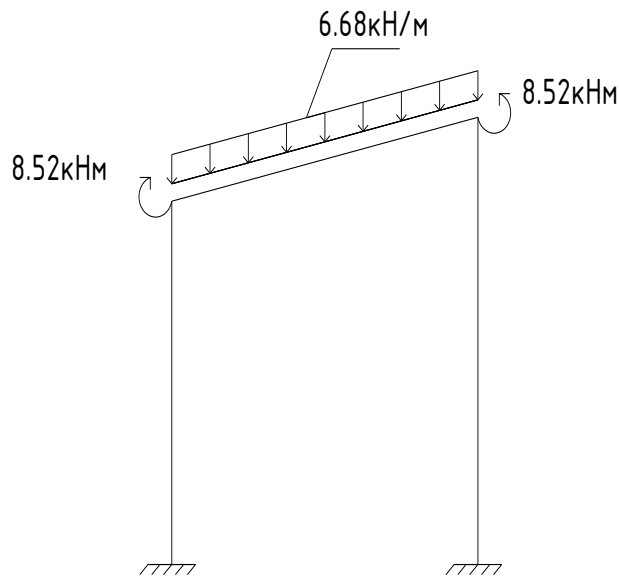


Рис. 2.1 - Схема прикладання постійних навантажень до поперечної рами

2.2.2 Визначення снігового навантаження

Розрахункове значення снігового навантаження для граничного стану першої групи визначається відповідно до вимог чинних нормативних документів за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot c = 1,04 \cdot 1,6 \cdot 1 = 1,644 \text{ кН,} \quad (2.6)$$

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням навантаження. Для розрахункового періоду повторюваності 60 років згідно з табл. 8.1 ДБН В.1.2-2:2006 приймається $\gamma_{fm} = 1,04$;

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження на горизонтальну поверхню землі. Для району будівництва (м. Харків) відповідно до додатка Е ДБН В.1.2-2:2006 приймається $S_0 = 1600 \text{ Па}$ (1,6 кПа);

c – коефіцієнт переходу від снігового покриву на землі до навантаження на покриття будівлі.

Коефіцієнт c визначається за виразом:

$$c = \mu \cdot c_e \cdot c_{alt} \quad (2.7)$$

Оскільки покриття обладнане парапетом, у розрахунку необхідно врахувати можливість накопичення снігу біля його поверхні. У результаті утворюється зона підвищеного снігового навантаження, для якої коефіцієнт форми покриття μ приймається більшим за одиницю.

Для ділянки утворення снігового замету значення коефіцієнта визначається за залежністю:

$$\mu_1 = \frac{2h}{S_0} = \frac{2 \cdot 900}{1600} = 1.125 \quad (2.8)$$

де h – висота парапету;

$$\mu_2 = 1$$

$$c_1 = 1.125, c_2 = 1$$

Після підстановки числових значень отримуємо

$$S_{m1} = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot c_1 = 1.04 \cdot 1.6 \cdot 1.125 = 1.872 \text{ кН}.$$

$$S_{m2} = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot c_2 = 1.04 \cdot 1.6 \cdot 1 = 1.664 \text{ кН}.$$

$$q_{m1}^{CH} = S_{m1} \cdot B \cdot \gamma_n = 1.872 \cdot 6 \cdot 1.1 = 12.355 \text{ кН} \quad (2.9)$$

$$q_{m2}^{CH} = S_{m2} \cdot B \cdot \gamma_n = 1.664 \cdot 6 \cdot 1.1 = 10.99 \text{ кН}.$$

Зусилля, що передаються від ферми на колони

$$V_{m1}^{CH} = 94.6 \text{ кН}.$$

$$V_{m2}^{CH} = 93.42 \text{ кН}.$$

$$M_{m1}^{CH} = V_{m1}^{CH} \cdot e = 94.6 \cdot 0.15 = 14.19 \text{ кНм} \quad (2.10)$$

$$M_{m2}^{CH} = V_{m2}^{CH} \cdot e = 93.42 \cdot 0.15 = 14.013 \text{ кНм}$$

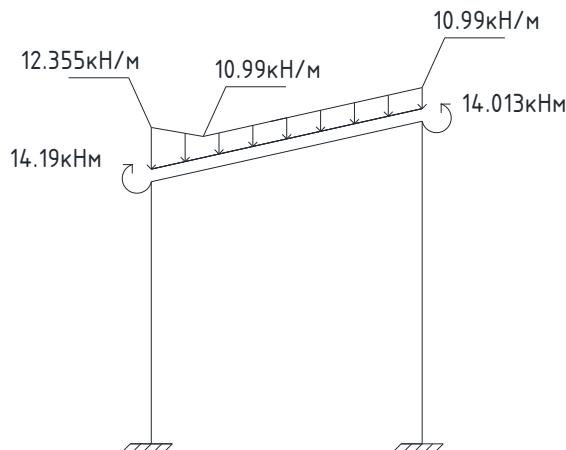


Рис. 2.2 - Схема прикладання снігового навантаження до поперечної рами

2.2.3 Визначення вітрового навантаження на поперечну раму

Розрахунок вітрового впливу на каркас будівлі виконується відповідно до вимог [1]. Для визначення розрахункового значення навантаження використовується граничний стан першої групи.

Розрахунковий вітровий тиск визначається за залежністю:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C, \quad (2.11)$$

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням вітрового навантаження. Для прийнятого періоду повторюваності $T = 60$ років згідно з нормативними вимогами приймається $\gamma_{fm} = 1,035$;

W_o – характеристичне значення вітрового тиску для району будівництва. Для м. Харків за додатком Е [1] приймається $W_o = 0,43$ кН/м²;

c – коефіцієнт, який враховує умови розташування та особливості роботи споруди під дією вітру.

Значення коефіцієнта c визначається за формулою

$$c = c_{aer} \cdot c_h \cdot c_{alt} \cdot c_{rel} \cdot c_d \cdot c_{dir}, \quad (2.12)$$

c_{alt} – коефіцієнт, що враховує висотне розташування об'єкта відносно рівня моря;

c_{rel} – коефіцієнт рельєфу місцевості, який враховує особливості навколишнього ландшафту;

c_{dir} – коефіцієнт напрямку вітру, що враховує можливу нерівномірність вітрового впливу за різними румбами;

c_d – коефіцієнт динамічності, який враховує пульсаційний характер вітрового потоку та просторову роботу конструкцій.

Для даного об'єкта коефіцієнти c_{alt} , c_{rel} та c_{dir} приймаються рівними одиниці, оскільки будівля розташована на рівнинній місцевості та не має специфічних умов експлуатації.

Аеродинамічний коефіцієнт визначається відповідно до рекомендацій додатка І [1] та залежить від конфігурації споруди, напрямку вітрового потоку та характеру обтікання поверхонь будівлі.

Подальший розрахунок виконується окремо для активної та пасивної складових вітрового навантаження з урахуванням прийнятої розрахункової схеми поперечної рами.

$$C_{aer} = C_a = 0,8$$

Для активної складової вітрового навантаження використовується коефіцієнт, який враховує зміну вітрового тиску залежно від висоти розташування розрахункової точки над рівнем землі. Значення цього коефіцієнта визначається за табл. 9.01 Зміни №1 до [1] з урахуванням висоти z та типу навколишньої місцевості.

Для об'єкта, що проєктується, приймається III тип місцевості. Відповідно до табл. 9.02 для розрахункових відміток 5,000 м, 6,230 м та 10,000 м отримуємо такі значення коефіцієнта висоти:

$$C_{h,5} = 0,9; C_{h,10} = 1,2; C_{h,6,15} = 0,9738; C_{h,7,13} = 1,0278$$

Після визначення необхідних коефіцієнтів виконується приведення вітрового навантаження до розрахункової схеми поперечної рами. На основі отриманих даних визначаються погонні розрахункові значення вітрового тиску, прикладені на відповідних рівнях конструкції.

Для активного напрямку вітрового впливу розрахунок виконується за такими залежностями:

$$q_{w,5}^a = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C_a \cdot C_{h,5} \cdot B \cdot \gamma_n = 1,035 \cdot 0,43 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 2,1149 \text{ кН/м}; \quad (2.13)$$

$$q_{w,10}^a = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C_a \cdot C_{h,10} \cdot B \cdot \gamma_n = 1,035 \cdot 0,43 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 2,8199 \text{ кН/м};$$

$$q_{w,6,15}^a = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C_a \cdot C_{h,6,23} \cdot B \cdot \gamma_n = 1,035 \cdot 0,43 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 1,1 \cdot 0,9738 = 2,2883 \text{ кН/м};$$

$$q_{w,7,05}^a = \gamma_{fm} \cdot W_o \cdot C_a \cdot C_{h,7,13} \cdot B \cdot \gamma_n = 1,035 \cdot 0,43 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 1,1 \cdot 1,0278 = 2,4152 \text{ кН/м};$$

Вітрове навантаження, яке сприймається ділянкою конструкції між рівнем ригеля та верхньою відміткою будівлі (в межах висоти парапету h_p), визначається з вантажної площі розміром $B \cdot h_p$. Отриманий вплив прикладається до вузлів ригеля розрахункової схеми поперечної рами у вигляді зосередженої сили W_a для активного напрямку вітру.

Величина зазначеної сили приймається рівною площі епюри вітрового тиску на ділянці розташування парапету. Оскільки інтенсивність навантаження

змінюється по висоті, епюра має форму трапеції та розглядається в межах відміток 6,150 м і 7,050 м. Отримане значення використовується при формуванні розрахункової схеми поперечної рами та подальшому визначенні внутрішніх зусиль у її елементах.

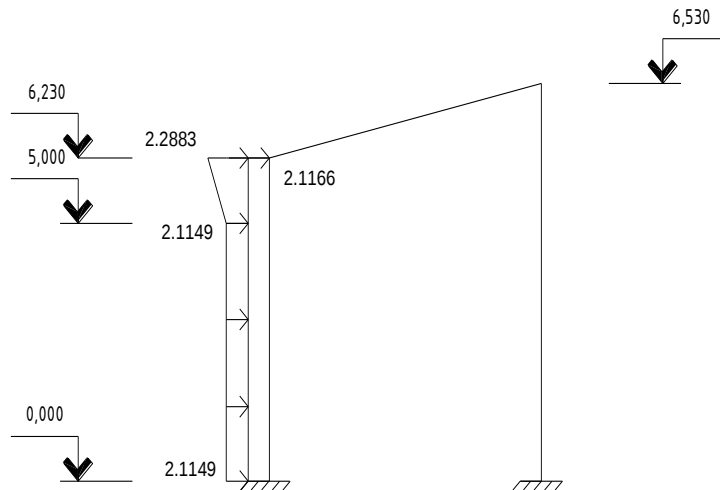


Рис. 2.3 – Активна складова вітрового тиску

На підставі розрахункової схеми, представленої на рис. 2.3

$$W_a = \frac{1}{2} \cdot (q_{w,6,15}^a + q_{w,7,05}^a) \cdot h_{п} = \frac{1}{2} \cdot (2,2883 + 2,4152) \cdot 0,9 = 2,1166 \text{ кН} \quad (2.14)$$

2.1.3 Визначення розрахункових схем дії навантажень

Для визначення внутрішніх зусиль та переміщень елементів каркаса формуються окремі розрахункові моделі поперечної рами. Кожна схема враховує дію відповідного виду навантаження та дозволяє оцінити його вплив на напружено-деформований стан конструкції.

У процесі розрахунку розглядаються такі розрахункові випадки:

1. Дія постійного навантаження від власної ваги конструкцій покриття та несучих елементів каркаса;
2. Дія снігового навантаження з урахуванням прийнятої схеми розподілу снігового покриву;

3. Дія вітрового навантаження на зовнішні поверхні будівлі.

Для кожного навантажувального випадку складається окрема статична схема, на основі якої визначаються опорні реакції, внутрішні зусилля та розрахункові комбінації навантажень.

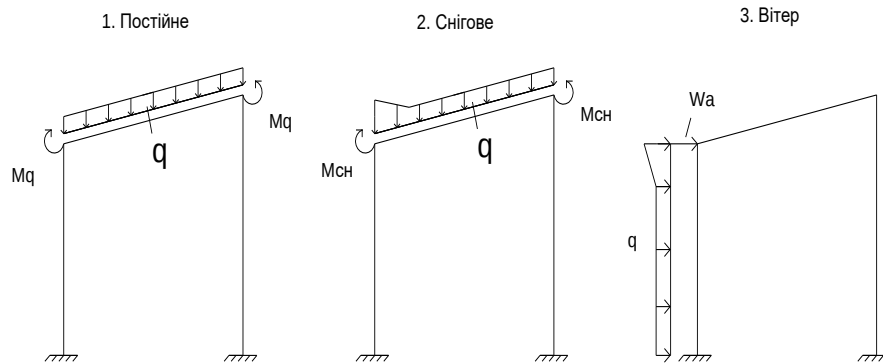


Рис. 2.4 – Розрахункові схеми рами від навантажень 1, 2, 3

2.1.4 Розрахунок поперечної рами

Для визначення внутрішніх зусиль, переміщень та опорних реакцій елементів каркаса виконується числовий розрахунок поперечної рами із застосуванням програмного комплексу SCAD Office. Розрахункова модель формується відповідно до прийнятої конструктивної схеми будівлі та умов роботи її несучих елементів.

При створенні розрахункової схеми враховуються такі вихідні параметри:

- геометричні характеристики поперечної рами;
- умови закріплення конструкцій (жорстке защемлення колон у фундаментах);
- розрахункові значення прикладених навантажень;
- розрахункові поєднання навантажень відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для аналізу напружено-деформованого стану конструкції розглядаються такі основні комбінації навантажень:

1. Постійне навантаження та сніговий вплив:

1 + 2

2. Постійне навантаження та вітровий вплив:

1 + 3

3. Поєднання постійного, снігового та вітрового навантажень з урахуванням коефіцієнта сполучення:

1 + 0,9(2 + 3)

На основі результатів комп'ютерного моделювання визначаються найбільш несприятливі зусилля в елементах рами, які надалі використовуються для підбору та перевірки перерізів несучих конструкцій.

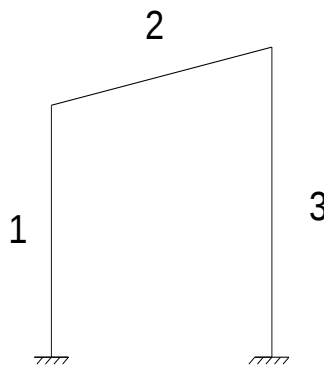


Рис. 2.5 – Номери елементів рами

Результат статичного розрахунку

Зусилля і напруження (комбінації)

Одиниці вимірювань: кН, м.

Параметри вибірки:

Список вузлів / елементів: все

Список завантажень / комбінацій: все

Список факторів: все

Зусилля і напруження (комбінації)					
Елемент	Переріз	Комбінація	Значення		
			N	M	Q
1	1	1	-154.33	0	56.2
1	1	2	-54.6	-30.78e-015	09.91
1	1	3	-141.72	-27.7e-015	42.52
1	2	1	-154.33	350.13	56.2
1	2	2	-54.6	103.63	23.45

1	2	3	-141.72	302.6	54.71
2	1	1	-58.91	-326.98	153.31
2	1	2	-26.57	-94.95	54.14
2	1	3	-59.14	-280.89	140.7
2	2	1	-53.49	-344.02	-154.12
2	2	2	-24.53	-158.54	-61.62
2	2	3	-54.05	-348.37	-147.56
3	1	1	-153.15	-28.97e-015	-56.2
3	1	2	-61.18	-14.49e-015	-25.61
3	1	3	-146.59	-39.11e-015	-56.65
3	2	1	-153.15	-366.99	-56.2
3	2	2	-61.18	-167.23	-25.61
3	2	3	-146.59	-369.91	-56.65

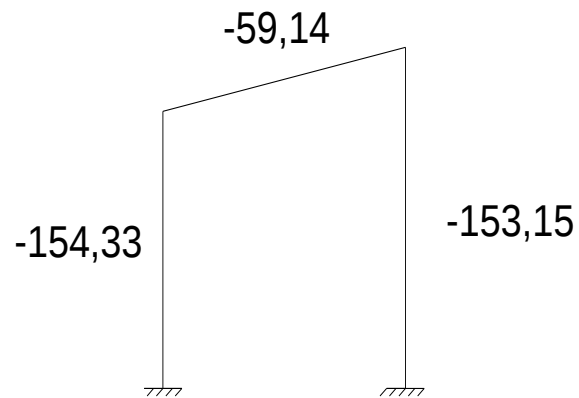


Рис. 2.6 – Внутрішні зусилля

2.1.5 Розрахунок колони

Вихідні дані для перевірки колони

Перевірка несучої здатності та стійкості колони виконана відповідно до вимог [12].

Тип конструктивного елемента: колона каркаса.

Матеріал конструкції: сталь класу С245.

Геометричні характеристики елемента:

- розрахункова довжина колони – 6,23 м;
- відстань між вузлами розкріплення з площини згину – 6,23 м.

Розрахункові параметри:

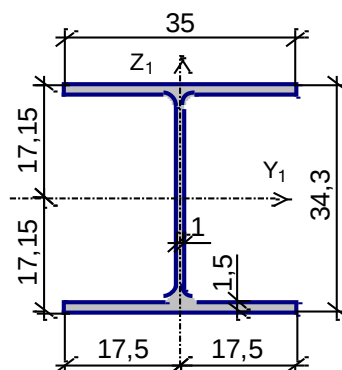
- гранична гнучкість для стиснутих елементів визначається за залежністю $180 - 60\alpha$;
- допустима гнучкість для розтягнутих елементів становить 300;
- коефіцієнт умов роботи $\gamma_c = 1,0$;
- коефіцієнт надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1,0$.

Умови закріплення колони:

- коефіцієнт розрахункової довжини в площині $X1OZ1$ – 0,7;
- коефіцієнт розрахункової довжини в площині $X1OY1$ – 1,0.

Прийнятий поперечний переріз: двотавр (К) по [15] 35К1

На підставі наведених вихідних даних виконується перевірка міцності, загальної стійкості та відповідності прийнятого перерізу вимогам нормативних документів.



Переріз колони: 35К1 [13]

Максимально допустимі вертикальні переміщення:		Відносні	Абсолютні
		$k \cdot L$	
	від тимчасових навантажень	0,01	7,e-004

Результати розрахунку	Перевірка	Коеф. використання
п.8.12	Міцність при дії згинального моменту M_y	0,82
пп.8.12,8.18	Міцність при дії поперечної сили Q_z	0,15
пп.8.24,8.25	Міцність при спільній дії поздовжньої сили і згинальних моментів без урахування пластики	0,86
п.8.3	Стійкість при стисненні в площині XOY (XOU)	0,06
п.8.3	Стійкість при стисненні в площині XOZ (XOV)	0,05
п.8.27	Стійкість в площині дії моменту M_y при позацентровому стисканні	0,37
пп.8.30-8.32	Стійкість із площини дії моменту M_y при позацентровому стисканні	0,44
п.8.1	Міцність при центральному стиску / розтягу	0,04
п. 8.14	Міцність по приведених напруженнях при одночасній дії згинального моменту і поперечної сили	0,66
п.8.15	Стійкість плоскої форми вигину	0,82
пп.8.15,8.16	Гранична гнучкість в площині XOY	0,47
пп.8.15,8.16	Гранична гнучкість в площині XOZ	0,19

2.1.6 Розрахунок сталеві ферми покриття

2.1.6.1 Формування вузлових навантажень верхнього пояса ферми

Для покриття будівлі прийнята сталева кроквяна ферма з горизонтальним нижнім поясом та похилим верхнім поясом. Ухил верхнього пояса становить 1,7 %, що забезпечує необхідні умови водовідведення з поверхні покриття.

Геометричні параметри ферми прийняті відповідно до конструктивної схеми будівлі. Висота конструкції змінюється від 1700 мм до 2000 мм. Довжина нижнього пояса становить 13,6 м, а верхнього - 17,0 м.

Подальший розрахунок виконується на основі навантажень, приведених до вузлів верхнього пояса ферми. До розрахунку враховуються постійні та тимчасові впливи, що передаються від покриття через систему прогонів на несучі елементи ферми.

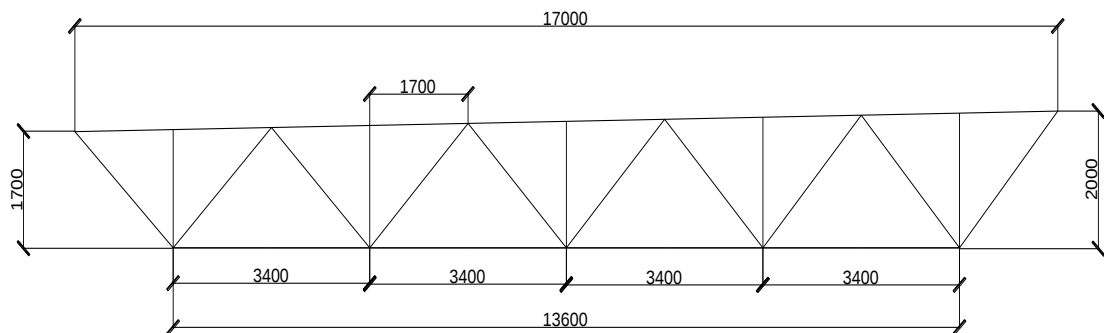


Рис. 2.7 – Геометрична схема.

При визначенні зусиль у стержнях ферми враховуються навантаження, що передаються від конструкцій покриття та снігового покриву. Для виконання розрахунку рівномірно розподілене навантаження замінюється еквівалентною системою зосереджених сил, прикладених у вузлах верхнього пояса.

У центральних вузлах величина прикладеної сили відповідає розрахунковому значенню F , тоді як у крайніх вузлах навантаження приймається зменшеним удвічі та становить $F/2$, що обумовлено особливостями розподілу вантажної площі по довжині ферми.

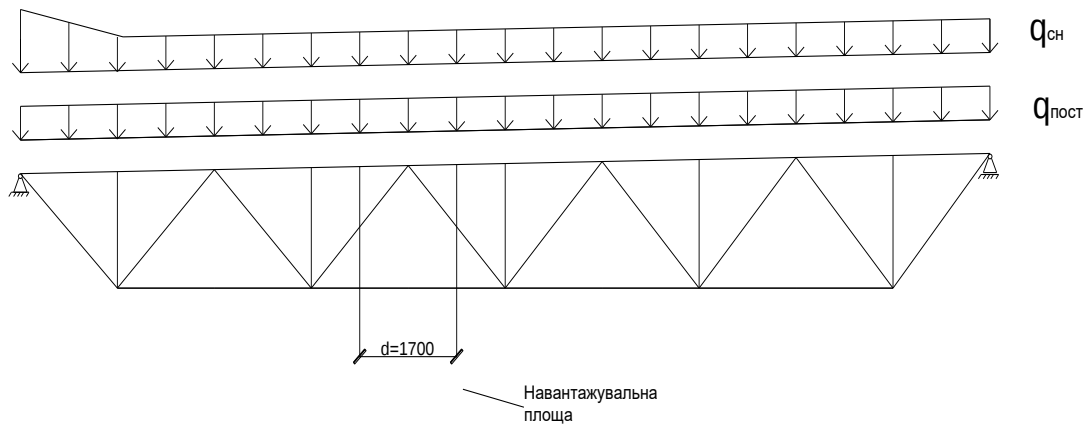


Рис. 2.8 - Приведення розподіленого навантаження до вузлових зусиль

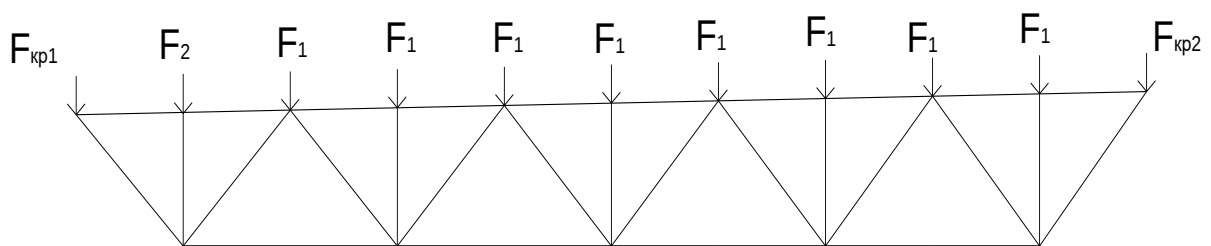


Рис. 2.9 - Схема прикладання навантажень до кроквяної ферми

Навантаження на ферму:

$$F1 = (q_m + q_{m, \text{сн}2}) \cdot d = (6,68 + 10,99) \cdot 1,7 = 30,03 \text{ кН}$$

$$F2 = (q_m + q_{m, \text{сн}3}) \cdot d = (6,68 + 11,193) \cdot 1,7 = 30,38 \text{ кН}$$

$$F3 = (q_m + q_{m, \text{сн}4}) \cdot d/2 = (6,68 + 12,0395) \cdot 0,85 = 15,912 \text{ кН}$$

$$F4 = (q_m + q_{m, \text{сн}2}) \cdot d/2 = (6,68 + 10,99) \cdot 0,85 = 15,015 \text{ кН}$$

2.1.6.2 Статичний розрахунок ферми

Для визначення розрахункових зусиль у стержнях кроквяної ферми використано програмний комплекс SCAD Office. Розрахунок виконується на основі просторової моделі, що представляє ферму у вигляді шарнірно-з'єднаної плоскої стрижневої системи.

Під час формування розрахункової моделі враховуються такі вихідні параметри:

- геометричні характеристики ферми та взаємне розташування її елементів;
- умови закріплення конструкції в опорних вузлах;
- величини та схеми прикладання розрахункових навантажень;
- жорсткісні характеристики стержнів при роботі на розтяг та стиск;
- розрахункові поєднання навантажень.

Для оцінки роботи конструкції прийнято основне поєднання навантажень, яке включає постійне навантаження від власної ваги покриття та сніговий вплив. За результатами комп'ютерного моделювання визначаються поздовжні зусилля у всіх стержнях ферми, які надалі використовуються для підбору та перевірки поперечних перерізів елементів.

Результати

За результатами розрахунку отримано значення внутрішніх зусиль та напружень у конструктивних елементах моделі.

Одиниці вимірювання розрахункових параметрів:

- зусилля – кН;
- геометричні параметри та переміщення – м.

Параметри формування результатів:

- перелік вузлів – усі вузли розрахункової моделі;
- перелік елементів – усі елементи конструкції;
- завантаження та розрахункові поєднання – повний набір заданих навантажувальних випадків;
- коефіцієнти та фактори аналізу – усі прийняті в розрахунку параметри.

Зусилля і напруження					
Елемент	Переріз	Завантаженість	Значення		
			N	M	Q
1	1	1	232,32	0	0
1	2	1	232,32	0	0
2	1	1	336,796	0	0
2	2	1	336,796	0	0
3	1	1	325,984	0	0
3	2	1	325,984	0	0

Зусилля і напруження					
Елемент	Переріз	Завантаженість	Значення		
			N	M	Q
4	1	1	210,581	0	0
4	2	1	210,581	0	0
5	1	1	-133,122	0	0
5	2	1	-133,122	0	0
6	1	1	-133,122	0	0
6	2	1	-133,122	0	0
7	1	1	-299,741	0	0
7	2	1	-299,741	0	0
8	1	1	-299,741	0	0
8	2	1	-299,741	0	0
9	1	1	-345,154	0	0
9	2	1	-345,154	0	0
10	1	1	-345,154	0	0
10	2	1	-345,154	0	0
11	1	1	-280,784	0	0
11	2	1	-280,784	0	0
12	1	1	-280,784	0	0
12	2	1	-280,784	0	0
13	1	1	-116,662	0	0
13	2	1	-116,662	0	0
14	1	1	-116,662	0	0
14	2	1	-116,662	0	0
15	1	1	188,233	0	0
15	2	1	188,233	0	0
16	1	1	-30,38	0	0
16	2	1	-30,38	0	0
17	1	1	-142,815	0	0
17	2	1	-142,815	0	0
18	1	1	96,976	0	0
18	2	1	96,976	0	0
19	1	1	-30,03	0	0
19	2	1	-30,03	0	0
20	1	1	-54,354	0	0
20	2	1	-54,354	0	0
21	1	1	-30,03	0	0
21	2	1	-30,03	0	0
22	1	1	-30,03	0	0

Зусилля і напруження					
Елемент	Переріз	Завантаженість	Значення		
			N	M	Q
22	2	1	-30,03	0	0
23	1	1	-30,03	0	0
23	2	1	-30,03	0	0
24	1	1	106,455	0	0
24	2	1	106,455	0	0
25	1	1	180,104	0	0
25	2	1	180,104	0	0
26	1	1	28,501	0	0
26	2	1	28,501	0	0
27	1	1	12,165	0	0
27	2	1	12,165	0	0
28	1	1	-67,457	0	0
28	2	1	-67,457	0	0
29	1	1	-142,533	0	0
29	2	1	-142,533	0	0

2.1.6.3 Конструктивний розрахунок

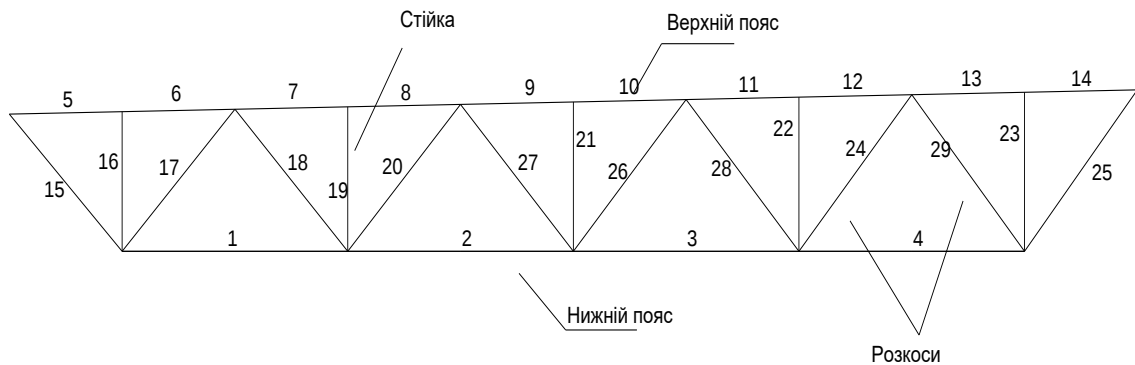


Рис. 2.10 – Схема нумерації вузлів та маркування стержнів ферми.

На рис. 2.10 наведено схему ферми із зазначенням конструктивного призначення її основних елементів. Верхній пояс працює переважно на стиск, нижній пояс сприймає розтягувальні зусилля, стійки виконують роль стиснутих стержнів, а розкоси залежно від характеру навантаження можуть працювати як на стиск, так і на розтяг.

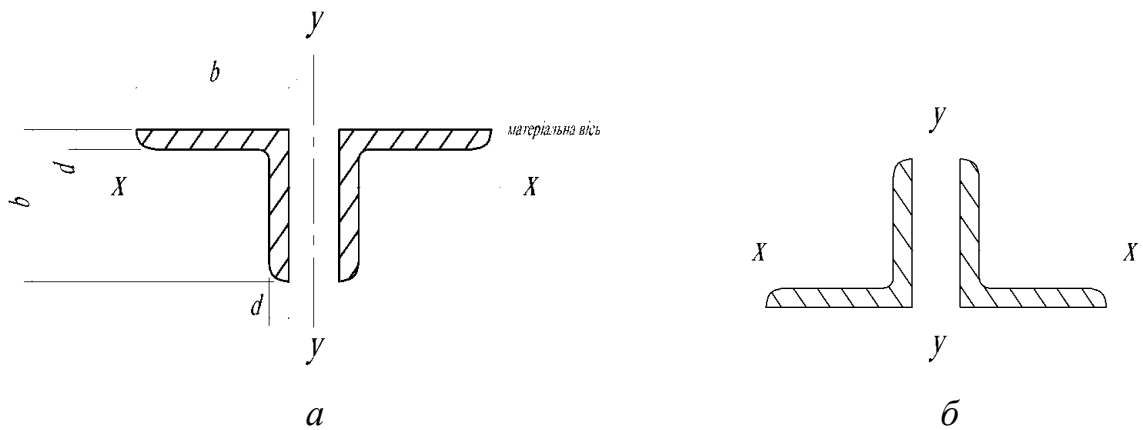


Рис. 2.11 - Прийняті типи поперечних перерізів елементів ферми: а – для основних елементів; б – для нижнього пояса

Підбір перерізів

Верхній пояс

$$N = -345.154 \text{ кН}$$

$$l_1 = 1.7 \text{ м};$$

$$l_{ef,x} = \mu_x \cdot l = 1 \cdot 170 = 170 \text{ см};$$

$$l_{ef,y} = \mu_y \cdot l_1 = 1 \cdot 170 = 170 \text{ см}.$$

Попередня гнучкість $\lambda_{\max} = 90$ ($\lambda_{\max} = 60 \dots 100$),

$$\text{умовна гнучкість } \bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \sqrt{\frac{24}{20600}}_{\max} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\min} = 0.544$$

Необхідна площа поперечного перерізу

$$A_{\text{необх}} = \frac{345.154}{0.544 \cdot 24 \cdot 1} = 26,44 \text{ см}^2 \quad (2.15)$$

$$A_{\text{необх,кут}} = \frac{A_{\text{необх}}}{2};$$

$$A_{\text{необх,кут}} = \frac{26,44}{2} = 13.22 \text{ см}^2.$$

Радіус інерції

$$i_{x,\min}^{\text{необх}} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda_{\max}} = \frac{170}{90} = 1.89 \text{ см}.$$

$$t_{\phi} = 8 \text{ мм} = 0.8 \text{ см}$$

Приймаємо $2 \angle 80 \times 10$:

$$A_{\text{кут}} = 15.14 \text{ см}^2;$$

$$A = 2 \cdot A_{\text{кут}} = 2 \cdot 15.14 = 30.28 \text{ см}^2;$$

$$z_o = 2.35 \text{ см};$$

$$i_x = 2.42 \text{ см};$$

$$I_x = 83.58 \text{ см}^4.$$

$$I_y = 2 \cdot [I_x + A_{\text{кут}} \cdot (z_o + \frac{t_\phi}{2})^2] = 2 \cdot [83.58 + 15.14 \cdot (2.35 + \frac{0.8}{2})^2] = 396.1525 \text{ см}^4,$$

$$\text{Тоді } i_y = \sqrt{\frac{396.1525}{30.28}} = 3.62 \text{ см}.$$

Визначаємо фактичні гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{170}{2.42} = 70.25, \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{170}{3.62} = 49.96,$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_{\max} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 70.25 \cdot \sqrt{\frac{24}{20600}} = 2.4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\min} = 0.672$$

$$\sigma = \frac{345.154}{0.672 \cdot 30.28} = 16.96 \text{ кН/см}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2.$$

Стійка

$$N = -30.38 \text{ кН}$$

$$l_{ef,x} = \mu_x \cdot 0.8 \cdot l = 1 \cdot 0.8 \cdot 173 = 138,4 \text{ см};$$

$$l_{ef,y} = \mu_y \cdot l = 1 \cdot 173 = 173 \text{ см}$$

Приймаємо попередньо $\lambda_{\max} = 90$;

$$\bar{\lambda} = \lambda_{\max} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 90 \cdot \sqrt{\frac{24}{20600}} = 3.07 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\min} = 0.544.$$

$$A_{\text{необх}} = \frac{30.38}{0.544 \cdot 24 \cdot 0.8} = 2.91 \text{ см}^2; \quad A_{\text{необх,кут}} = \frac{2.91}{2} = 1.46 \text{ см}^2$$

$$i_{x,\min}^{\text{необх}} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda_{\max}} = \frac{138,4}{90} = 1.54 \text{ см}.$$

Отже, приймаємо 2 $\angle$ 40 х 3, з сортаменту:

$$A_{\text{кут}} = 2.96 \text{ см}^2;$$

$$A = 2 \cdot A_{\text{кут}} = 2 \cdot 2.96 = 5.92 \text{ см}^2;$$

$$z_o = 1.33 \text{ см};$$

$$i_x = 1.55 \text{ см};$$

$$I_x = 7.11 \text{ см}^4.$$

$$I_y = 2 \cdot [I_x + A_{\text{кут}} \cdot (z_o + \frac{t_\phi}{2})^2] = 2 \cdot [7.11 + 2.96 \cdot (1.33 + \frac{0.8}{2})^2] = 31.94 \text{ см}^4,$$

$$i_y = \sqrt{\frac{31.94}{5.92}} = 2.32 \text{ см}.$$

Визначаємо фактичні гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{138.4}{1.55} = 89.29; \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{173}{2.32} = 74.57;$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_{\max} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 89.29 \cdot \sqrt{\frac{24}{20600}} = 3.05 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\min} = 0.533$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\min} \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma = \frac{30.38}{0.533 \cdot 5.92} = 9.63 \text{ кН/см}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 24 \cdot 0.8 = 19.2 \text{ кН/см}^2.$$

Стиснутий розкос

$$N = -142.815 \text{ кН}.$$

$$l_{ef,x} = \mu_x \cdot 0.8 \cdot l = 1 \cdot 0.8 \cdot 245 = 196 \text{ см};$$

$$l_{ef,y} = \mu_y \cdot l = 1 \cdot 245 = 245 \text{ см}$$

$$2. \text{ попередньо задаємо } \lambda_{\max} = 90 \Rightarrow \varphi_{\min} = 0.544$$

3. Знайдемо необхідну площу перерізу:

$$A_{\text{необх}} = \frac{N}{\varphi_{\min} \cdot R_y \cdot \gamma_c}; \quad \gamma_c = 0.8$$

$$A_{\text{необх}} = \frac{142.815}{0.544 \cdot 24 \cdot 0.8} = 13.67 \text{ см}^2; \quad A_{\text{необх,кут}} = \frac{13.67}{2} = 6.835 \text{ см}^2.$$

$$\text{Радіус інерції } i_{x,\min}^{\text{необх}} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda_{\max}} = \frac{196}{90} = 2.18 \text{ см}$$

Приймаємо $2 \angle 75 \times 5$,

$$A_{\text{кут}} = 7.39 \text{ см}^2;$$

$$A = 2 \cdot A_{\text{кут}} = 2 \cdot 7.39 = 14.78 \text{ см}^2;$$

$$z_o = 2.02 \text{ см};$$

$$i_x = 2.31 \text{ см};$$

$$I_x = 39.53 \text{ см}^4$$

$$I_y = 2 \cdot [I_x + A_{\text{кут}} \cdot (z_o + \frac{t_\phi}{2})^2] = 2 \cdot [39.53 + 7.39 \cdot (2.02 + \frac{0.8}{2})^2] = 165.62 \text{ см}^4,$$

$$i_y = \sqrt{\frac{165.62}{14.78}} = 3.35 \text{ см}.$$

Визначаємо фактичні фактичні гнучкості:

$$\lambda_x = \frac{l_{\text{ef},x}}{i_x} = \frac{196}{2.31} = 84.85; \quad \lambda_y = \frac{l_{\text{ef},y}}{i_y} = \frac{245}{3.35} = 73.13;$$

$$\lambda_{\text{max}} = 84.85 \leq \lambda_{\text{гран}} = 150$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_{\text{max}} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 84.85 \cdot \sqrt{\frac{24}{20600}} = 2.896 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\text{min}} = 0.58072$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{\text{min}} \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma = \frac{142.815}{0.58072 \cdot 14.78} = 16.64 \text{ кН/см}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 24 \cdot 0.8 = 19.2 \text{ кН/см}^2$$

Нижній пояс

$$N = 336.796 \text{ кН}$$

$$A_{\text{необх}} = \frac{336.796}{24 \cdot 1} = 14.03 \text{ см}^2;$$

$$A_{\text{необх,кут}} \geq \frac{A_{\text{необх}}}{2};$$

$$A_{\text{необх,кут}} = \frac{14.03}{2} = 7.015 \text{ см}^2$$

Приймаємо 2 < 75 x 5,

$$A_{\text{кут}} = 7,39 \text{ см}^2;$$

$$A = 2 \cdot A_{\text{кут}} = 2 \cdot 7.39 = 14.78 \text{ см}^2; \quad z_o = 2.02 \text{ см}.$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c;$$

$$\sigma = \frac{336.796}{14.78} = 22.79 \text{ кН/см}^2 = R_y \cdot \gamma_c = 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2.$$

Розтягнутий розкіс

$$N = 188.233 \text{ кН}$$

Необхідна площа перерізу

$$A_{\text{необх}} = \frac{188.233}{24 \cdot 1} = 7.84 \text{ см}^2;$$

$$A_{\text{необх, кут}} \geq \frac{A_{\text{необх}}}{2};$$

$$A_{\text{необх, кут}} = \frac{7.84}{2} = 3.92 \text{ см}^2.$$

Приймаємо $2 \angle 45 \times 5$

$$A_{\text{кут}} = 4.29 \text{ см}^2;$$

$$A = 2 \cdot A_{\text{кут}} = 2 \cdot 4.29 = 8.58 \text{ см}^2;$$

$$z_o = 1.3 \text{ см}.$$

$$\sigma = \frac{188.233}{8.58} = 21.94 \text{ кН/см}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 24 \cdot 1 = 24 \text{ кН/см}^2$$

2.1.6.4 Розрахунок швів

Розтягнутий розкіс

$$N_{o\bar{o}} = 0.7 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{o\bar{o}} \cdot l_w^{o\bar{o}} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c \quad (2.16)$$

$$K_{f, \min}^{o\bar{o}} = 5 \text{ мм} = 0.5 \text{ см},$$

$$t_\phi = 8 \text{ мм}, t_{\text{кут}} = 5 \text{ мм}$$

$$K_{f, \max}^{o\bar{o}} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ см}.$$

Приймаємо $K_f^{o\bar{o}} = 6 \text{ мм}.$

Розрахункова довжина:

$$l_w^{o\bar{o}} \geq \frac{0.7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{o\bar{o}} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{o\bar{o}} = \frac{188.233 \cdot 0.7}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 9 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 9 + 1 = 10 \text{ см}.$$

$$N_{\text{нера}} = 0.3 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{\text{нера}} \cdot l_w^{\text{нера}} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c \quad (2.17)$$

$$K_{f, \max}^{\text{нера}} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ см}.$$

Приймаємо $K_f^{неpa} = 6\text{мм}$.

$$l_w^{неpa} \geq \frac{0.3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{неpa} = \frac{188.233 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 4\text{см};$$

$$l_w + 1\text{см} = 4 + 1 = 5\text{см}$$

Стійка

$$N_{об} = 0.7 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot l_w^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$K_{f,\max}^{об} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.3 = 0.36\text{см}.$$

Приймаємо $K_f^{об} = 3\text{мм}$.

$$l_w^{об} \geq \frac{0.7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{об} = \frac{30.38 \cdot 0.7}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot 18 \cdot 1} \approx 2\text{см};$$

$$l_w + 1\text{см} = 2 + 1 = 3\text{см}, \text{ конструктивно приймаємо } l_w = 5\text{см}$$

$$N_{неpa} = 0.3 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot l_w^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$K_{f,\max}^{неpa} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.3 = 0.36\text{см}$$

Приймаємо $K_f^{неpa} = 3\text{мм}$

$$l_w^{неpa} \geq \frac{0.3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c}; \quad l_w^{неpa} = \frac{30.38 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot 18 \cdot 1} \approx 2\text{см};$$

$$l_w + 1\text{см} = 2 + 1 = 3\text{см}, \text{ конструктивно приймаємо } l_w = 5\text{см}.$$

Нижній пояс

$$N_{об} = 0.7 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot l_w^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$K_{f,\max}^{об} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6\text{см}.$$

Приймаємо $K_f^{об} = 6\text{мм}$.

$$l_w^{об} \geq \frac{0.7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{o\bar{o}} = \frac{336.796 \cdot 0.7}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 16 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 16 + 1 = 17 \text{ см}.$$

$$N_{неpa} = 0.3 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot l_w^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c.$$

$$K_{f,\max}^{неpa} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ см}.$$

$$\text{Приймаємо } K_f^{неpa} = 6 \text{ мм}.$$

$$l_w^{неpa} \geq \frac{0.3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{неpa} = \frac{336.796 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 7 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 7 + 1 = 8 \text{ см}.$$

Верхній пояс

$$N_{o\bar{o}} = 0.7 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{o\bar{o}} \cdot l_w^{o\bar{o}} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$K_{f,\max}^{o\bar{o}} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.8 = 0.96 \text{ см}.$$

$$\text{Приймаємо } K_f^{o\bar{o}} = 6 \text{ мм}.$$

$$l_w^{o\bar{o}} \geq \frac{0.7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{o\bar{o}} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{o\bar{o}} = \frac{345.154}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 16 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 16 + 1 = 17 \text{ см}.$$

$$N_{неpa} = 0.3 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot l_w^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c.$$

$$K_{f,\max}^{неpa} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.8 = 0.96 \text{ см}.$$

$$\text{Приймаємо } K_f^{неpa} = 6 \text{ мм}.$$

$$l_w^{неpa} \geq \frac{0.3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{неpa} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{неpa} = \frac{345.154 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 7 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 7 + 1 = 8 \text{ см}.$$

Стиснутий розкіс

$$N_{об} = 0.7 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot l_w^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c$$

$$K_{f,\max}^{об} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ см}.$$

Приймаємо $K_f^{об} = 6 \text{ мм}.$

$$l_w^{об} \geq \frac{0.7 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{об} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{об} = \frac{142.815 \cdot 0.7}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 7 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 7 + 1 = 8 \text{ см}.$$

$$N_{пера} = 0.3 \cdot N \leq 2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{пера} \cdot l_w^{пера} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c.$$

$$K_{f,\max}^{пера} = 1.2 \cdot t_{\min} = 1.2 \cdot 0.5 = 0.6 \text{ см}.$$

Приймаємо $K_f^{пера} = 6 \text{ мм}.$

$$l_w^{пера} \geq \frac{0.3 \cdot N}{2 \cdot \beta_f \cdot K_f^{пера} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c};$$

$$l_w^{пера} = \frac{142.815 \cdot 0.3}{2 \cdot 0.7 \cdot 0.6 \cdot 18 \cdot 1} \approx 3 \text{ см};$$

$$l_w + 1 \text{ см} = 3 + 1 = 4 \text{ см}, \text{ конструктивно приймаємо } l_w = 5 \text{ см}$$

Таблиця 2.3 – Результати підібраних швів

Назва елемента	Номер ел-та	N, кН	Для обушка			Для пера		
			0,7N, кН	K _f , см	l _w +1, см	0,3N, кН	K _f , см	l _w +1, см
Верхній пояс	9-10	-345.154	241.604	0.6	17	103.546	0.6	8
Нижній пояс	2	336.796	235.757	0.6	17	101.039	0.6	8
Стійка	16	-30.38	21.266	0.3	5	9.114	0.3	5
Стиснутий розкіс	17	-142.815	99.971	0.6	8	42.845	0.6	5
Розтягнутий розкіс	15	188.233	131.763	0.6	10	56.47	0.6	5

2.2 Розрахунок підземної частини

2.2.1 Вихідні параметри для розрахунку

Таблиця 2.2.1 – Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови будівельного майданчика

№ шару	Найменування ґрунтів	Номер свердловини і потужність шару, м				
		1	2	3	4	5
1.	Насипний шар	0,3	0,3	0,3	0,3	
2.	Глина сіра	7,4	7,6	7,5	7,5	
3.	Супісок бурий	3,6	3,7	3,5	3,6	
4.	Глина	8,5	8,6	8,7	8,7	
	Глибина залягання підземної води					
	Відмітка гирла свердловини, м.					

Таблиця 2.1.2 – Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Найменування	Умов. позн.	Од. вимірювання	Номер шару				
			1	2	3	4	5
Щільність.	ρ_{Π}	т/м ³	1,72	1,97	1,98	2,06	
Щільність часток.	ρ_s	т/м ³		2,7	2,69	2,7	
Природна вологість.	W			0,23	0,26	0,22	
Вологість на межі текучості.	W_L			0,31	0,28	0,40	
Вологість на межі пластичності.	W_p			0,20	0,22	0,20	
Кут внутрішнього тертя.	φ_{Π}	град		18	20	15	
Питоме зчеплення.	C_{Π}	кПа		40	12	80	
Модуль деформації	E	МПа		40	15	50	

2.2.2 Аналіз інженерно-геологічних умов

Для оцінки інженерно-геологічних умов будівельного майданчика виконують визначення основних класифікаційних характеристик ґрунтів. Отримані показники дозволяють встановити стан ґрунтової основи та виконати її класифікацію відповідно до чинних нормативних документів.

Під час аналізу визначаються такі параметри:

- коефіцієнт пористості, який характеризує співвідношення об'єму пор до об'єму твердих частинок ґрунту;

$$e = \frac{\rho_s \cdot (1 + W)}{\rho} - 1 \quad (2.18)$$

ступінь водонасичення (вологості) ґрунту, що відображає рівень заповнення пор водою;

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (2.19)$$

Для глинистих ґрунтів додатково розраховуються:

- показник текучості, який характеризує консистенцію ґрунту та його стан у природному заляганні;

$$I_l = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (2.20)$$

- число пластичності, що використовується для визначення різновиду глинистого ґрунту та оцінки його деформаційних властивостей. (2.4)

$$I_p = W_l - W_p \quad (2.21)$$

За результатами виконаних розрахунків здійснюється оцінка інженерно-геологічних умов ділянки будівництва. Отримані значення класифікаційних показників систематизуються та наводяться у табл. 2.1.3.

Таблиця 2.1.3 – Результати оцінки інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

№ шару	e	I _p	IL	Властивості ґрунту
1				Насипний шар
2	0,67	0.08	0,375	Глина тугопластична
3	0.71	0.06	0.67	Супісок пластичний
4	0.59	0.2	0.1	Глина напівтверда

2.2.3 Проектування фундаментів під сталеві колони

Конструктивна схема автомобільного торговельно-сервісного центру у м. Харкові передбачає використання сталевих каркаса, основними несучими елементами якого є колони, балки та кроквяні ферми. Навантаження від каркаса передаються на основу через окремо розташовані монолітні залізобетонні фундаменти.

У межах кваліфікаційної роботи виконано розрахунок та проектування фундаменту під сталеву колону каркаса в осях К-Ж. Для цього розроблено фрагмент плану фундаментів із прив'язкою до координаційних осей будівлі, на якому показано розташування фундаментів під колони каркаса. Загальний план фундаментів наведений лише в межах ділянки, що охоплює розрахункові фундаменти під сталеві колони, оскільки саме вони є предметом детального конструктивного опрацювання в роботі.

На кресленні наведено схему розташування фундаментів під сталеві колони в координаційних осях будівлі, а також характерний розріз фундаменту Фм1 та інженерно-геологічний розріз майданчика будівництва.

Як природну основу для фундаменту приймаємо шар сірої глини, фізико-механічні характеристики якої відповідають умовам будівельного майданчика. Глибину закладання підшви фундаменту призначаємо на відмітці 1,5 м від рівня планувальної поверхні землі. Для попереднього визначення геометричних розмірів фундаменту спочатку приймаємо розрахунковий опір ґрунту основи.

Визначення навантажень на фундамент

Для виконання розрахунку фундаменту необхідно встановити величину навантажень, що передаються від несучих конструкцій будівлі на основу. Розрахунок виконується для сталевих колон К2 в осях К-Ж

У розрахунковій ділянці покриття спирається на сталеві балки Б1 та Б2, тому до складу постійних навантажень включаються власна вага покрівельних шарів, металевих настилу, прогонів, балок покриття, елементів просторової жорсткості та самої колони. Навантаження від кроквяних ферм у даному випадку

не враховуються, оскільки розрахункова колона розташована поза зоною їх обпирання.

Розрахункова вантажна площа для колони визначається відповідно до кроку конструктивної сітки будівлі та становить:

$$A = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

Сумарне нормативне навантаження від конструкцій покриття приймається за результатами попереднього збору навантажень і становить:

$$\Sigma g = 1,012 \text{ кПа}.$$

Окрім постійних навантажень, на конструкцію діє снігове навантаження, величина якого визначається відповідно до району будівництва та прийнятої конструктивної схеми покриття.

Розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_m = 1,664 \text{ кПа}.$$

Також враховується власна вага сталеві колони, яка передається безпосередньо на фундамент.

Сумарне вертикальне навантаження на фундамент визначається як сума навантажень від покриття, снігу та власної ваги колони:

$$N = (\Sigma g + S_m) \cdot A + g_k.$$

- вага колони середнього ряду: $g_k = 2,6 \text{ кН}$;
- вага колони крайнього ряду: $g_k = 4,5 \text{ кН}$.

Тоді:

Для колони середнього ряду:

$$N = (1,012 + 1,664) \cdot 36 + 2,6 = 98,94 \text{ кН}$$

Для колони крайнього ряду:

$$N = (1,012 + 1,664) \cdot 18 + 4,5 = 52,67 \text{ кН}$$

$$R_0 = 420 \text{ кПа}.$$

$$b_0 = \sqrt{\frac{98,94}{1(420 - 20 \times 1,5 - 20)}} = 0,52 \text{ м}$$

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_I \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}),$$

де

$$\gamma_{c2} = 1;$$

$$k = 1;$$

$$k_z = 1;$$

$$d_b = 0;$$

$$\gamma_{c1} = 1,25 - \text{коефіцієнт умов роботи};$$

$$\varphi_{II} = 18^\circ;$$

$$M_\gamma = 0,43;$$

$$M_q = 2,73;$$

$$M_c = 5,31;$$

$\gamma_{II} = 19,7 \text{ кН/м}^3$ - осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підосви фундаменту;

$\gamma'_{II} = 19,2 \text{ кН/м}^3$ - осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають вище підосви фундаменту;

$$d = 1,5 \text{ м};$$

$$c_{II} = 40 \text{ кПа}.$$

$$\gamma'_{II} = \frac{17,2 \cdot 0,3 + 19,7 \cdot 1,2}{0,3 + 1,2} = 19,2 \text{ кН/м}^3.$$

$$R_1 = \frac{1,25 \cdot 1}{1} (0,43 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 19,7 + 2,73 \cdot 1,5 \cdot 19,2 + 5,31 \cdot 40) = 370,1 \text{ кПа}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{98,94}{1 (370,1 - 20 \times 1,5 - 20)}} = 0,56 \text{ м}$$

Оскільки отриманий розмір не відповідає уніфікованим конструктивним рішенням та не забезпечує достатнього запасу несучої здатності, остаточно приймаємо розмір підосви фундаменту:

$$b = 0,9 \text{ м}.$$

Прийняті розміри відповідають конструктивним вимогам, забезпечують зручність армування та розміщення анкерних болтів для кріплення сталеві колони.

Перевіряємо середній тиск під підосвою фундаменту:

$$P_{cp} = N/(b \cdot l) + 20 \cdot d + 20$$

$$P_{cp} = 98,94/(0,9 \cdot 0,9) + 20 \cdot 1,5 + 20$$

$$P_{cp} = 172,1 \text{ кПа.}$$

Отримане значення є меншим за розрахунковий опір ґрунту:

$$P_{cp} = 172,1 \text{ кПа} < R = 370,1 \text{ кПа.}$$

Отже, прийнятий фундамент розмірами 0,9×0,9 м забезпечує необхідну несучу здатність основи та може бути прийнятий до подальшого проєктування.

2.2.4 Визначення осідання фундаменту методом пошарового підсумовування.

Після визначення геометричних параметрів фундаменту виконується перевірка його роботи за деформаціями основи. Розрахунок осідання здійснюється методом пошарового підсумовування, який базується на визначенні стискання окремих шарів ґрунту в межах стисливої товщі.

Середній тиск під подошвою фундаменту становить:

$$P_{cp} = \frac{98,94}{0,9 \cdot 0,9} + 20 \cdot 1,5 + 20 = 172,1 \text{ кПа} < 370,1 \text{ кПа}$$

Оскільки отримане значення є меншим за розрахунковий опір ґрунту основи $R = 370,1 \text{ кПа}$, умова забезпечення несучої здатності ґрунту виконується.

Перед початком розрахунку осідання визначається природний тиск ґрунту на рівні підшви фундаменту. Розрахунок виконується з урахуванням потужності окремих інженерно-геологічних елементів та їх питомої ваги. Отримане значення використовується для визначення додаткового навантаження, яке виникає в ґрунтовому масиві внаслідок передачі навантаження від будівлі.

Для аналізу напружено-деформованого стану основи стислива зона розбивається на окремі горизонтальні елементарні шари. Товщина кожного шару приймається залежно від ширини підшви фундаменту та забезпечує достатню точність подальших розрахунків.

$$h = 0,4 \cdot 0,9 = 0,36 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину елементарного шару $h = 0,36$ м, що не перевищує 1 м. Вертикальні напруження від власної ваги ґрунту визначаємо за формулою:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (2.22)$$

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \cdot h_1 = 17,2 \cdot 0,3 = 5,16 \text{ кН/м}^2;$$

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \cdot h_3 = 150,94 + 19,8 \cdot 3,6 = 222,2 \text{ кН/м}^2;$$

$$\sigma_{zg4} = \sigma_{zg3} + \gamma_4 \cdot h_4 = 222,2 + 20,6 \cdot 3,6 = 296,38 \text{ кН/м}^2$$

$$\sigma_{zg0} = \gamma_1 \cdot h_0 = 17,2 \cdot 0,3 + 19,7 \cdot 1,2 = 28,8 \text{ кН/м}^2;$$

№ шару	Глибина до середини шару z, м	α	Додаткове напруження σ_{zp} , кПа	Напруження від власної ваги ґрунту σ_{zg} , кПа	$0,2\sigma_{zg}$, кПа
1	0,18	0,960	137,6	32,3	6,5
2	0,54	0,606	86,9	39,4	7,9
3	0,90	0,336	48,2	46,5	9,3
4	1,26	0,201	28,8	53,6	10,7
5	1,62	0,131	18,8	60,7	12,1
6	1,98	0,091	13,0	67,8	13,6

Осідання фундаменту визначається шляхом підсумовування деформацій окремих шарів ґрунтової основи в межах стисливої товщі. Розрахунок виконується методом пошарового підрахунку з урахуванням додаткових вертикальних напружень, що виникають у ґрунті від навантаження фундаменту.

Загальне осідання фундаменту обчислюється за формулою:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} \cdot h_i}{E_{e,i}}, \quad (2.23)$$

де:

β – коефіцієнт, що враховує особливості роботи ґрунтової основи та приймається рівним 0,8;

E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту при первинному навантаженні, кПа;

$E_{e,i}$ – модуль деформації i -го шару ґрунту при повторному навантаженні (модуль пружності), кПа. За відсутності результатів лабораторних досліджень допускається приймати значення $E_{e,i} = 5E_i$.

Розрахунок виконується для кожного елементарного шару в межах стисливої зони, після чого визначають сумарну величину осідання фундаменту.

Тоді:

$$S = 0,8 \cdot [(137,6 \cdot 0,36 / 20000) + (86,9 \cdot 0,36 / 20000) + (48,2 \cdot 0,36 / 20000) + (28,8 \cdot 0,36 / 20000) + (18,8 \cdot 0,36 / 20000) + (13,0 \cdot 0,36 / 20000)]$$

$$S = 0,0048 \text{ м} = 4,8 \text{ мм}$$

Гранично допустиме осідання для будівель каркасного типу приймаємо:

$$S_u = 100 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову:

$$S = 4,8 \text{ мм} < S_u = 100 \text{ мм}$$

Умова виконується. Осідання фундаменту не перевищує допустимого значення, тому прийнятий фундамент розміром $0,9 \times 0,9 \text{ м}$ може бути використаний для подальшого проєктування.

2.2.5 Перевірка фундаменту на продавлювання

Після призначення розмірів підшви фундаменту виконуємо перевірку його міцності на продавлювання в зоні обпирання сталеві колони. Така перевірка необхідна для встановлення достатності прийнятої товщини фундаменту та забезпечення надійної передачі навантаження від колони на тіло фундаменту.

Основна умова міцності на продавлювання має вигляд:

$$F \leq f_{bt} u_m h_0, \quad (2.24)$$

де $F_{пр}$ - розрахункова продавлююча сила, кН;

f_{ctd} - розрахунковий опір бетону розтягуванню, кПа;

u_m - середній периметр піраміди продавлювання, м;

h_0 - робоча висота перерізу фундаменту, м.

$$N = 98,94 \text{ кН};$$

$$\gamma_f = 1,2;$$

$$b = 0,9 \text{ м};$$

$$l = 0,9 \text{ м};$$

$$h_0 = 0,265 \text{ м};$$

$$b_m = 0,665 \text{ м};$$

$$f_{ctd} = 800 \text{ кПа}.$$

Розрахунковий тиск під подошвою фундаменту визначаємо за формулою:

$$p'_{max} = N \cdot \gamma_f / A$$

де A - площа подошви фундаменту.

$$A = b \cdot l = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81 \text{ м}^2$$

$$p'_{max} = 98,94 \cdot 1,2 / 0,81 = 146,58 \text{ кПа}.$$

Площа, з якої визначається продавлююча сила, приймається за контуром продавлювання:

$$A_1 = 1 \cdot (0,3 - 0,1) - (0,3 - 0,1)^2$$

$$A_1 = 0,16 \text{ м}^2.$$

Продавлююча сила становить:

$$F_{пр} = A_1 \cdot p'_{max}$$

$$F_{пр} = 0,16 \cdot 146,58 = 23,45 \text{ кН}.$$

Несуча здатність фундаменту на продавлювання:

$$f_{ctd} \cdot b_m \cdot h_0 = 800 \cdot 0,665 \cdot 0,265 = 140,98 \text{ кН}.$$

Виконуємо перевірку умови міцності:

$$F_{пр} = 23,45 \text{ кН} < 140,98 \text{ кН}.$$

Умова міцності фундаменту на продавлювання виконується. Отже, прийнята конструкція фундаменту забезпечує достатній опір продавлюванню в зоні передачі навантаження від сталевої колони.

2.1.6 Підбір робочої арматури фундаменту

Після визначення геометричних розмірів фундаменту виконується розрахунок його армування. Оскільки подошва фундаменту має квадратну форму

в плані, підбір арматури здійснюється у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Для визначення необхідної площі арматури розраховуємо згинальний момент у характерному перерізі I–I. Навантаження на консольну частину фундаменту створюється реактивним тиском ґрунту під подошвою.

Виліт подошви за межі підколонника становить:

$$c_1 = (0,9 - 0,3)/2 = 0,3 \text{ м.}$$

При середньому тиску під подошвою фундаменту:

$$P_{\text{ср}} = 172,1 \text{ кПа}$$

згинальний момент у розрахунковому перерізі дорівнює:

$$M_{\text{I-I}} = (172,1 \cdot 0,9 \cdot 0,3^2)/2 = 6,97 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Необхідна площа робочої арматури визначається з умови забезпечення міцності залізобетонного перерізу:

$$A_s = 6,97 / (0,9 \cdot 0,265 \cdot 365000) = 0,00008 \text{ м}^2.$$

Отримане значення відповідає площі арматури:

$$A_s = 80 \text{ мм}^2.$$

Для армування приймаємо стержні класу А400С з кроком 150 мм.

Кількість стержнів у межах ширини фундаменту:

$$m = 0,9/0,15 + 1 = 7 \text{ шт.}$$

Розрахункова площа арматури, що припадає на один стержень:

$$A_1 = 80/7 = 11,4 \text{ мм}^2.$$

Оскільки отримана площа є меншою за мінімально допустиму конструктивну площу армування, остаточний підбір арматури виконуємо за конструктивними вимогами.

У нижній зоні фундаменту в кожному напрямку приймаємо сім стержнів діаметром 12 мм класу А400С з кроком 150 мм.

Прийняте армування забезпечує сприйняття розрахункових зусиль та відповідає вимогам щодо надійності й тріщиностійкості фундаментної конструкції.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Вихідні характеристики об'єкта проєктування

Для розроблення технологічної карти прийнято такі вихідні дані. Об'єкт являє собою будівлю розмірами в плані 57,2 × 46,0 м. Несучий каркас споруди утворений колонами двотаврового та круглого перерізів. Відмітки верху колон становлять 3,15 м, 6,23 м та 6,53 м. Розташування колон виконано з кроком 6,0 м. Покриття будівлі передбачено із застосуванням кроквяних ферм розкісної конструкції, які спираються на колони каркаса та забезпечують передачу навантажень від покриття на несучі елементи споруди. Наведені параметри є вихідною основою для вибору технології виконання монтажних робіт, підбору монтажних механізмів та розроблення організаційно-технологічних рішень.

3.2 Основні відомості про об'єкт і конструкції, що монтуються

На основі схеми будівлі робимо вибір збірних елементів конструкцій. Дані заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік збірних елементів каркаса

№ п/п	Назва	Розмір, мм			Маса елементау , т	Номери захваток	Кількість, шт.		Маса ел. на будівлю, т
		Довж.	Шпр.	Вис.(то вщ.)			На захватку	На буд.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Колони двотаврового перерізу, К1	6230 6530	300	300	0.6 0.629	1	39 15	39 15	23.4 9.44
2	Колони круглого перерізу, К2	6230	Ø325x8		0.39	1	10	10	3.9
3	Колони двотаврового перерізу, К3	3150	300	300	0.304	1	3	3	0.912

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Балка покриття Б1	12000 9000 8500 8000 6000 4200	300	396	1.481 1.111 1.049 0.987 0.741 0.519	1	10 2 4 2 4 6	10 2 4 2 4 6	14.81 2.22 4.2 1.98 2.97 3.12
5	Балка перекриття Б2	12000 6000 3000	180	255	0.590 0.295 0.148	1	4 86 19	4 86 19	2.36 25.37 2.81
6	Ферма з розкосами Ф1	17000 16850	168	2000	1.61 1.58	1	8 8	8 8	12.88 12.64
7	Прогони Б3	6000 1850	76	200	0.111 0.034	1	250 25	250 25	27.75 0,85
8	Верт. зв'язки ВС1, ВС2, ВС3	6000	158	1970 1850 1730	0.426 0.416 0.404	1	4 4 4	4 4 4	1.704 1.664 1.616
9	Верт. зв'язки ВС4, ВС5, ВС6	5500	158	1970 1850 1730	0.406 0.395 0.384	1	2 2 2	2 2 2	0.812 0.790 0.768
10	Гор. зв'язки ГС1	6000	3400	158	0.16	1	40	40	6.4
11	Профнастил	6000	1250	22	0.0444	1	345	345	15.318

$$\Sigma = 167.924$$

3.3 Розроблення технології монтажу конструкцій та обґрунтування вибору монтажних механізмів

3.3.1 Розроблення схеми організації монтажних робіт

Під час розроблення технології зведення каркаса будівлі визначаються раціональні схеми встановлення та закріплення конструктивних елементів із застосуванням роздільно-комплексного методу монтажу. З урахуванням наявності підвального поверху розміщення монтажного крана в межах контуру споруди є неможливим. У зв'язку з цим переміщення крана передбачається по зовнішньому периметру будівлі (рис. 3.1). Монтажні стоянки та шляхи руху

крана розташовуються на відстані 6 м від зовнішніх стін підвалу, що забезпечує безпечне виконання робіт, необхідний виліт стріли та можливість подавання конструкцій у проєктне положення.

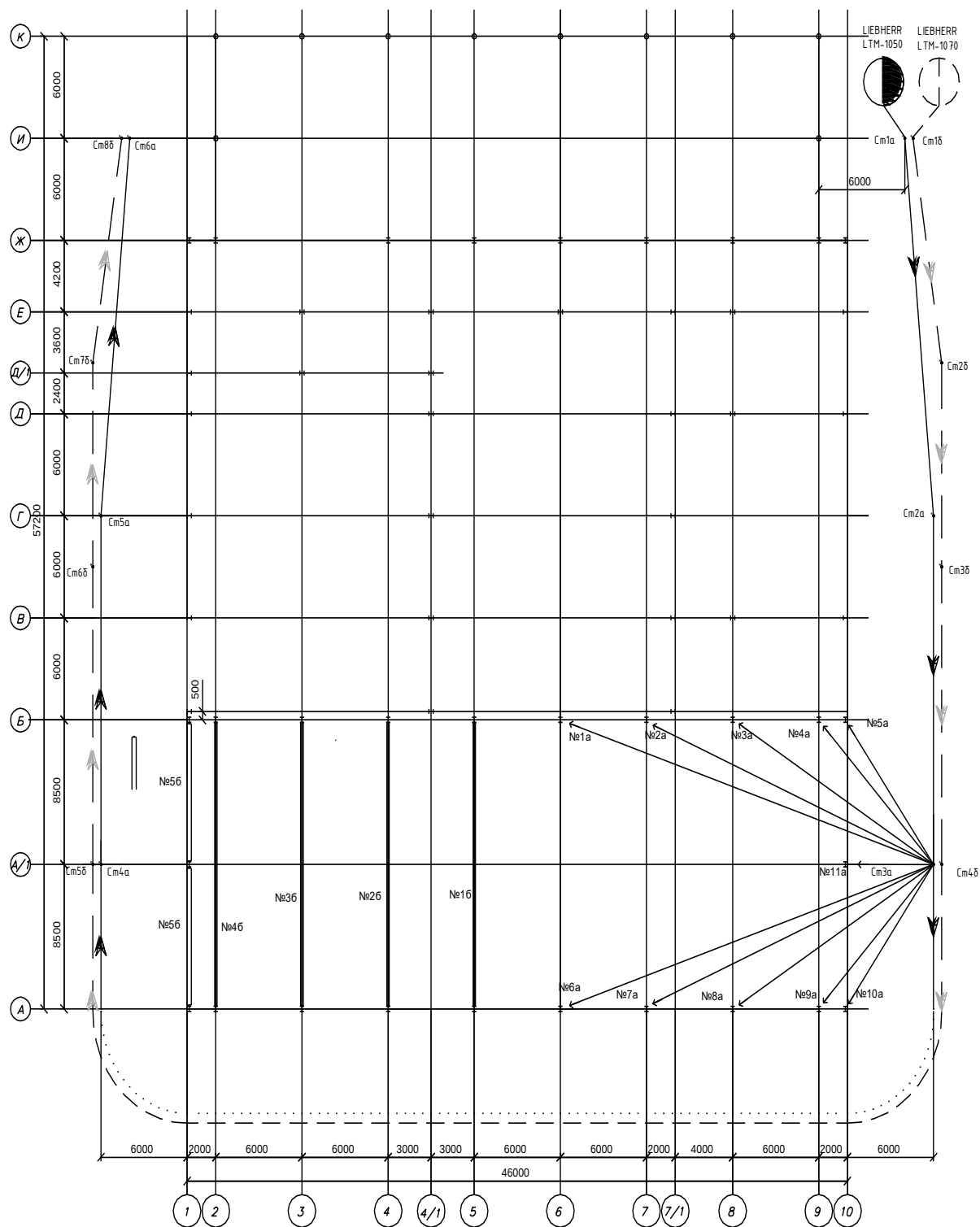


Рис. 3.1 – Схема проведення монтажних робіт

3.3.2 Розрахунок монтажних параметрів конструкцій і підбір монтажних кранів

Для виконання монтажу конструкцій каркаса будівлі передбачається використання вантажопідіймальних кранів. Вибір типу та технічних характеристик монтажного обладнання здійснюється на підставі аналізу основних монтажних параметрів елементів, що встановлюються.

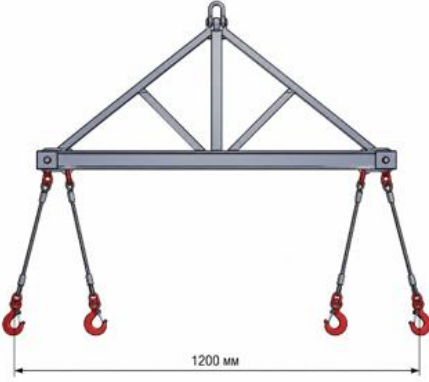
Під час підбору монтажних кранів визначаються такі характеристики:

1. Розрахункова монтажна маса конструкції – Q_m ;
2. Необхідна висота підйому гака крана – H_m ;
3. Потрібний робочий виліт стріли – L_m .

Перед виконанням розрахунків монтажних параметрів необхідно визначити тип і характеристики вантажозахоплювальних пристроїв, які забезпечуватимуть безпечне стропування, піднімання та встановлення конструкцій у проєктне положення.

3.3.3 Підбір пристроїв для стропування конструкцій

Таблиця 3.2. Специфікація стропуючого обладнання.

Назва стропуючого обладнання	Принципова схема	Вантажопід-ємність, м	Маса, т	Висота строповки, м	Призначення
1	2	3	4	5	6
1. Траверса універсальна для монтажу елементів покриття довжиною більше 12м.		3	0,205	4,0	Монтаж кроквяних ферм
2. Строп чотирьох гілковий для монтажу елементів за чотири петлі		3	0,03	1,8	Подача профнастилу на місце монтажу

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
3. Строп двох гілковий для монтажу колон, балок, прогонів		2	0.012	1.3	Установка балок і прогонів (покриття і перекриття).
4. Строп одnogілковий полегшений для монтажу конструкцій без петель		2.5	0.01	1.5	Монтаж зв'язків

3.3.4 Розрахунок монтажної маси конструктивних елементів

Одним із визначальних параметрів при підборі монтажного крана є монтажна маса конструкцій, що встановлюються. Під час виконання монтажних робіт кран піднімає не лише конструктивний елемент, а й вантажозахоплювальне обладнання, тому при розрахунках необхідно враховувати сумарну масу вантажу.

Монтажна маса визначається за:

$$Qm = m_e + m_{\text{стр}} \quad (3.1)$$

m_e – маса конструкції, т (табл. 3.1).

m_c – маса стропа, т (табл. 3.2).

На підставі прийнятих засобів стропування визначаємо монтажні маси окремих конструктивних елементів:

Колона 1:

$m_e = 0.39$ т	$Qm = 0.39 + 0.012 = 0.402$ т
$m_{\text{стр}} = 0.012$ т	

Колона 2:

$m_e = 0.629$ т	$Qm = 0.629 + 0.012 = 0.641$ т
-----------------	--------------------------------

$m_{\text{стр}} = 0.012 \text{ т}$	
------------------------------------	--

Балки, прогони:

$m_e = 1.481 \text{ т}$	$Qm = 1.481 + 0.012 = 1.493 \text{ т}$
$m_{\text{стр}} = 0.012 \text{ т}$	

Ферма:

$m_e = 1.61 \text{ т}$	$Qm = 1.61 + 0,203 = 1.813 \text{ т}$
$m_{\text{стр}} = 0.203 \text{ т}$	

Зв'язки вертикальні:

$m_e = 0.426 \text{ т}$	$Qm = 0.426 + 0,01 = 0.436 \text{ т}$
$m_{\text{стр}} = 0.01 \text{ т}$	

Зв'язки горизонтальні:

$m_e = 0.16 \text{ т}$	$Qm = 0.16 + 0,01 = 0.17 \text{ т}$
$m_{\text{стр}} = 0.01 \text{ т}$	

Профільований настил:

$m_e = 0.0444 \text{ т}$	$Qm = 0.0444 + 0,03 = 0.0744 \text{ т}$
$m_{\text{стр}} = 0.03 \text{ т}$	

3.3.5 Визначення висоти встановлення конструкцій та підйому гака

Для забезпечення можливості встановлення конструкцій у проєктне положення виконується визначення необхідної висоти підйому гака монтажного крана. Отримане значення використовується під час підбору кранового обладнання та перевірки його технічних характеристик. Розрахунок висоти підйому гака здійснюється за такою формулою:

$$H_M = h_0 + h_e + h_z + h_{\text{стр}} \quad (3.2)$$

h_0 – відстань по вертикалі від рівня стоянки монтажного крана до опорної поверхні, на яку встановлюється конструктивний елемент;

h_e – висота конструкції в її проектному положенні, що приймається відповідно до даних табл. 3.1;

h_z – нормативний запас по висоті, необхідний для забезпечення безпечного виконання монтажних операцій;

h_c – висота вантажозахоплювального оснащення, що використовується під час монтажу та визначається за даними табл. 3.2.

- Колона 1:

$h_0 = 0\text{м}$	$H_M = 6.23 + 1 + 1.3 = 8.53 \text{ м}$
$h_e = 6.23\text{м}$	
$h_z = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.3\text{м}$	

- Колона 2:

$h_0 = 0\text{м}$	$H_M = 6.53 + 1 + 1.3 = 8.83 \text{ м}$
$h_e = 6.53\text{м}$	
$h_z = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.3\text{м}$	

- Балка, прогони:

$h_0 = 6.926$	$H_M = 6.926 + 0.2 + 1,3 + 1 = 9.426 \text{ м}$
$h_e = 0.2\text{м}$	
$h_z = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.3\text{м}$	

- Ферми:

$h_0 = 6.53\text{м}$	$H_M = 6.53 + 1 + 4 = 11.53 \text{ м}$
$h_e = 2\text{м}$	
$h_z = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 4\text{м}$	

- Зв'язки вертикальні:

$h_0 = 6.53\text{м}$	$H_M = 6.53 + 1 + 1.5 = 9.03 \text{ м}$
$h_e = 1.97\text{м}$	
$h_z = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.5\text{м}$	

- Зв'язки горизонтальні:

$h_0 = 6.53\text{м}$	$H_M = 6.53 + 1 + 1.5 = 9.03 \text{ м}$
$he = 0.158\text{м}$	
$hз = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.5\text{м}$	

- Профільований настил:

$h_0 = 7.126\text{м}$	$H_M = 7.126 + 0.022 + 1 + 1.8 = 9.948 \text{ м}$
$he = 0.022\text{м}$	
$hз = 1\text{м}; h_{\text{стр}} = 1.5\text{м}$	

3.3.6 Розрахунок параметрів вильоту гака під час монтажу конструкцій

З урахуванням умов виконання монтажних робіт насамперед визначають мінімальну відстань, на яку допускається розташування крана відносно осей колон з дотриманням вимог безпеки.

$$L_{\text{мз}}^{\min} = a + 1 + R_x \quad (3.3)$$

$$L_{\text{мз}}^{\min} = 0.325 + 1 + 3.3 = 4.625 \text{ м}$$

Для підбору монтажного обладнання виконується визначення найбільшого робочого вильоту стріли крана, необхідного для встановлення конструкцій у проєктне положення.

Для першого варіанта монтажу (колони) максимальний монтажний виліт становить:

$$L_{\text{м,мак}} = \sqrt{26^2 + 12^2} = 28,64 \text{ м};$$

Для другого варіанта монтажу (крокв'яні ферми) необхідний виліт стріли визначається за виразом:

$$L_{\text{м}} = \sqrt{28^2 + 9^2} = 29,41 \text{ м}.$$

На підставі виконаних розрахунків монтажних характеристик та аналізу параметрів конструктивних елементів здійснюється вибір вантажопідіймальної техніки.

Для монтажу колон за першим технологічним варіантом приймається автомобільний кран LIEBHERR LTM 1050, технічні характеристики якого відповідають розрахунковим вимогам:

- гранична вантажопідйомність - **50 т** при вильоті гака **3 м**;
- довжина телескопічної стріли - від **11,3 до 38,0 м**;
- потужність силової установки - **270 кВт**;
- колісна формула та привід - **6×6×6**;
- максимальна транспортна швидкість - **80 км/год**;
- маса крана у транспортному положенні - **36 т**;
- сумарна маса противаг - **7 т**.

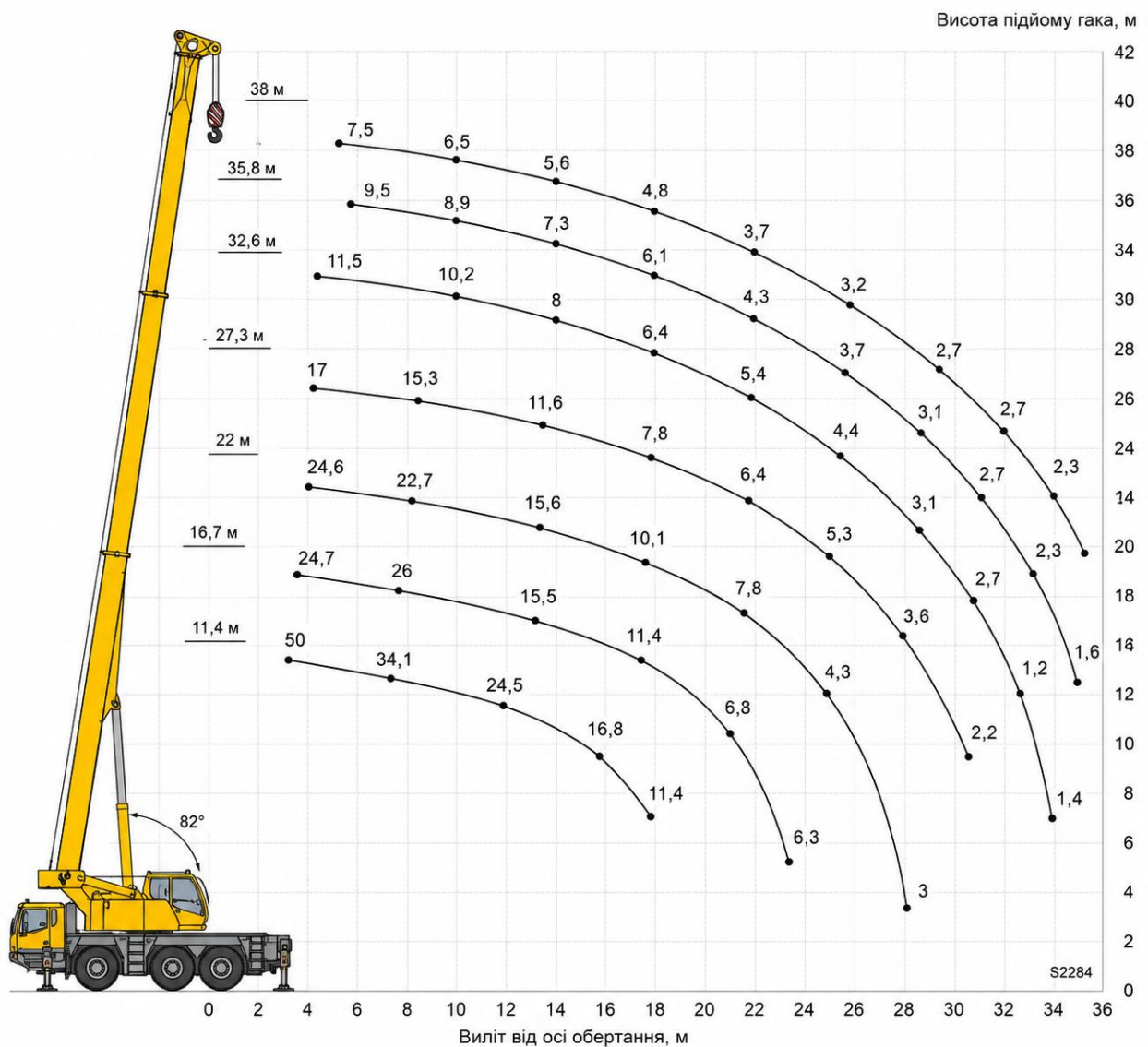


Рис. 3.2 – Технічна характеристика вантажопідйомності автокрана LIEBHERR
LTM 1050

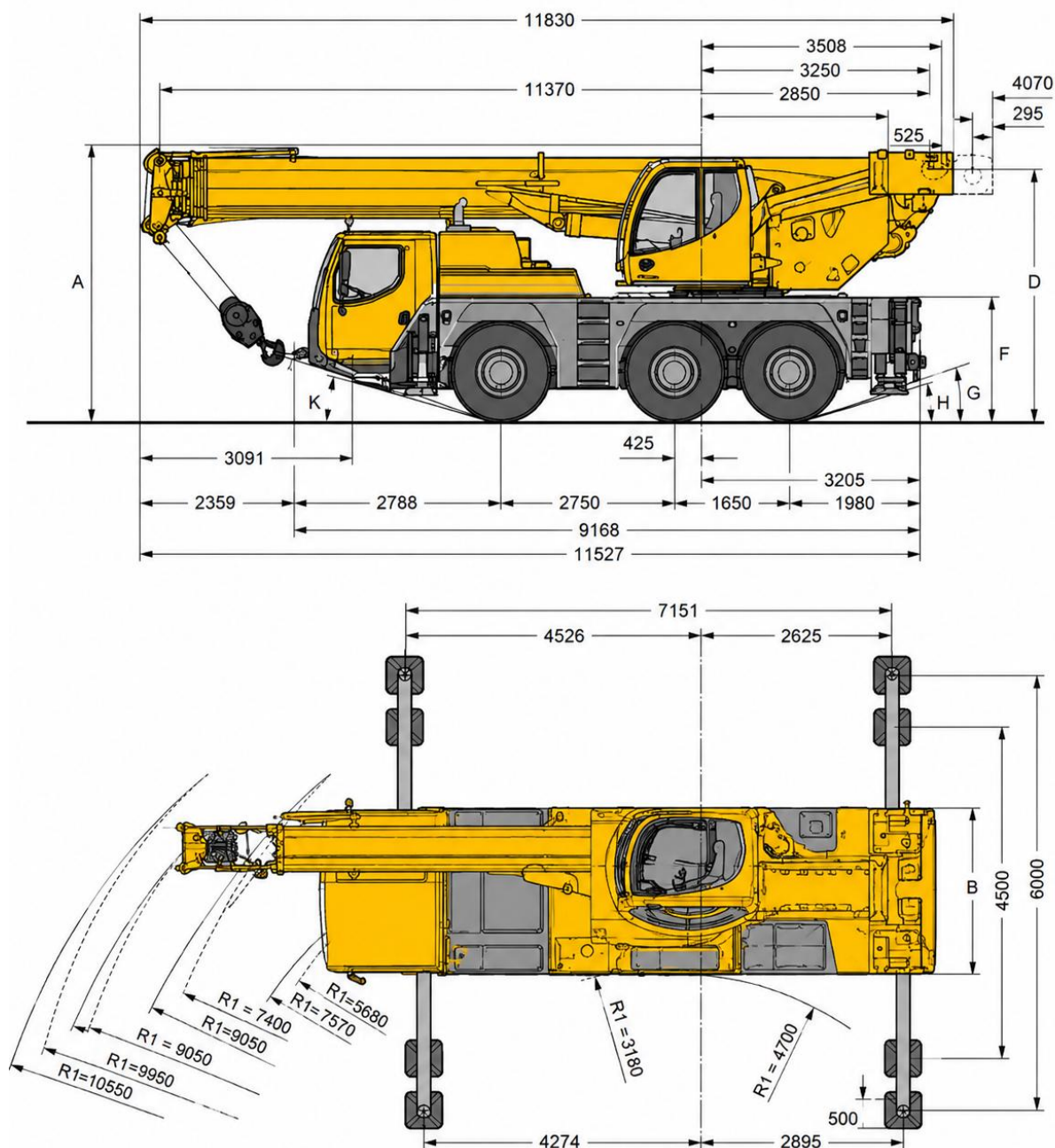


Рис. 3.3 – Габаритні розміри автокрана LIEBHERR LTM 1050

Габаритні параметри автокрана наведені в міліметрах. Основні розміри машини становлять: $A = 3835$ мм, $B = 2540$ мм, $C = 2101$ мм, $D = 3558$ мм, $E = 3181$ мм, $F = 1760$ мм. Кути, що характеризують прохідність та можливості пересування крана, прийняті такими: $G = 20^\circ$, $H = 15^\circ$, $I = 22^\circ$, $K = 17^\circ$.

Позначення **R** відповідає радіусу повороту при керуванні передньою віссю, а **R1** – радіусу повороту при одночасному керуванні всіма колесами шасі.

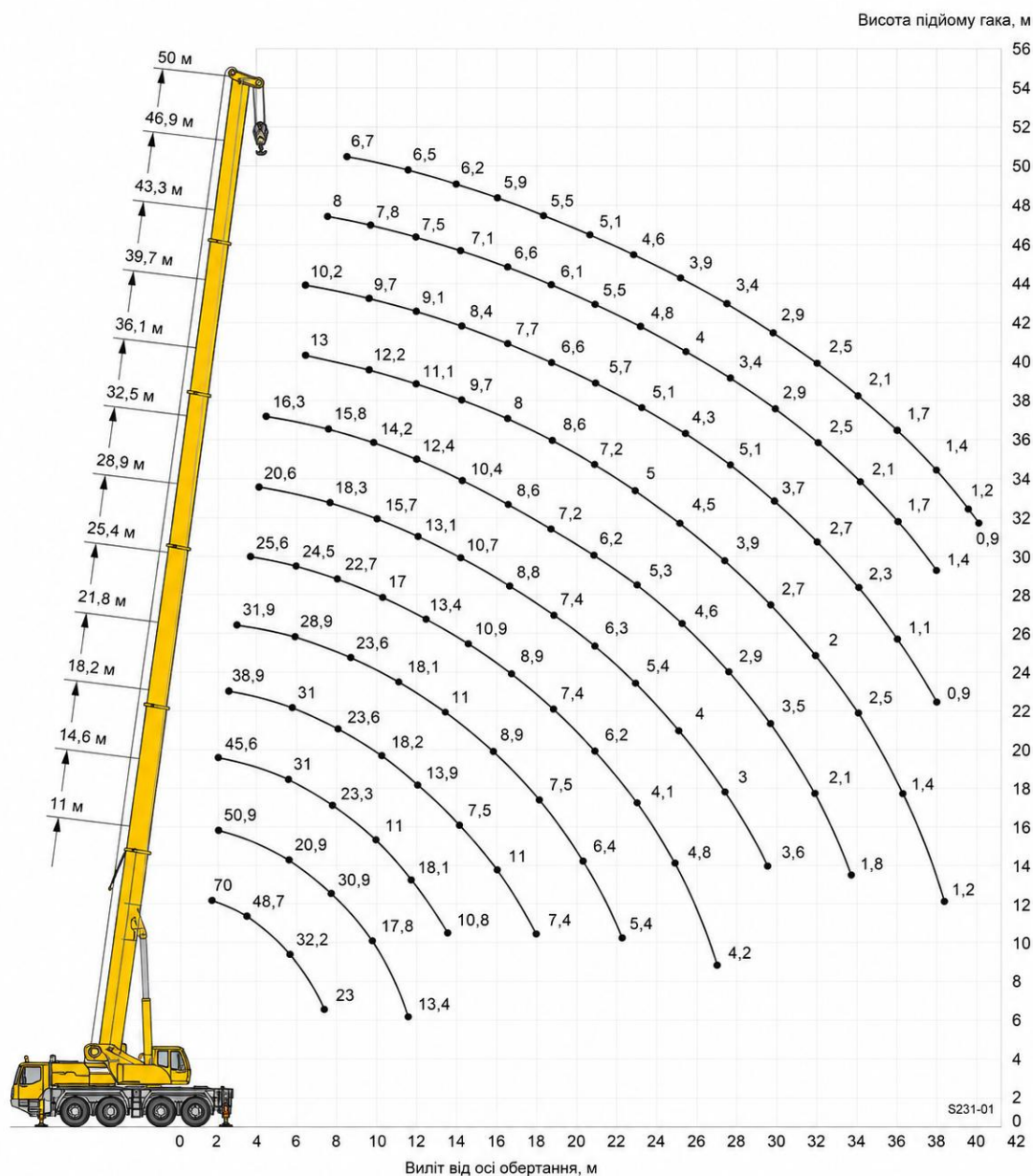


Рис. 3.4 – Технічна характеристика вантажопідйомності автокрана
LIEBHERR LTM 1070

Для виконання монтажу крокв'яних ферм, балок покриття та перекриття, прогонів, вертикальних і горизонтальних зв'язків, а також профільованого настилу приймається автомобільний кран **LIEBHERR LTM 1070**.

Основні технічні характеристики крана:

- номінальна вантажопідйомність – **70 т** при робочому вильоті **2,5 м**;

- довжина основної телескопічної стріли – від **11 до 50 м**;
- довжина решітчастого подовжувача (гуська) – від **9,5 до 16 м**;
- потужність двигуна – **270 кВт**;
- колісна формула та система керування – **8×6×8**;
- максимальна транспортна швидкість – **80 км/год**;
- експлуатаційна маса у транспортному положенні – **48 т**;
- загальна маса комплекту противаг – **14,5 т**.

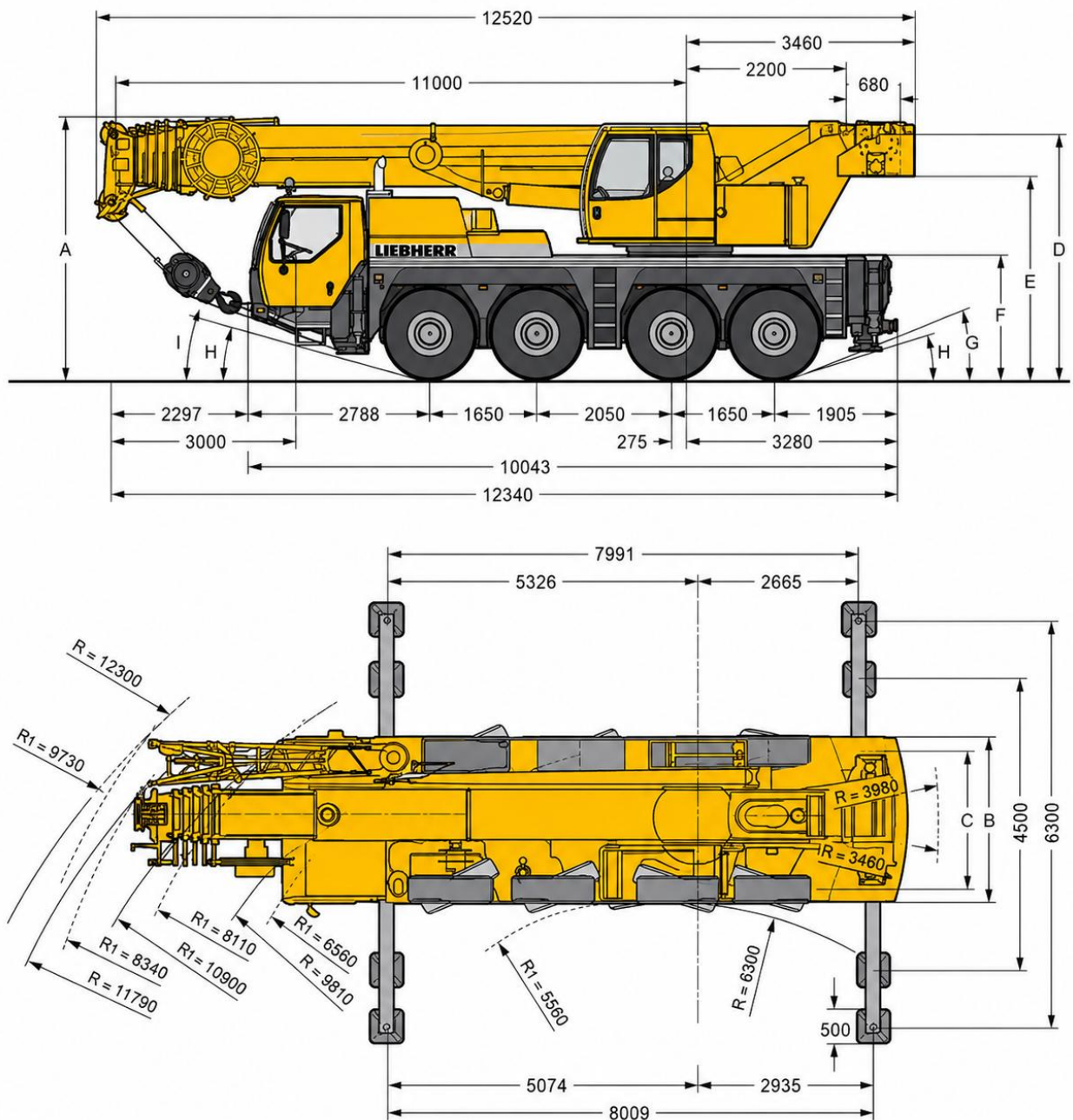


Рис. 3.5 – Габаритні розміри автокрана LIEBHERR LTM 1070

На рисунку 3.5 наведено основні геометричні параметри автокрана, виражені в міліметрах: A = 3950 мм, B = 2550 мм, C = 2101 мм, D = 3632 мм, E = 2982 мм, F = 1874 мм. Кути в'їзду та з'їзду машини складають 20°, 16° та 22° відповідно. Параметр R характеризує мінімальний радіус повороту при керуванні передньою віссю, тоді як R1 визначає радіус розвороту за умови керування всіма колесами автокрана.

Таблиця 3.3 – Відомість монтажних характеристик збірних елементів

№ з/п	Назва елементу	Маса, т			Монтажна висота, м	Виліт стріли	Марка кранів
		конструкції	стропуючого обладнання	монтажна			
1	Колона (круглого перерізу)	0.39	0.012	0.402	8.53	24,74	LIEBHERR LTM 1050
2	Колона (двотавр)	0.629	0.012	0.641	8.83	26,69	
3	Кроквяна ферма	1.61	0,203	1.813	11.53	27.92	LIEBHERR LTM 1070
4	Балка покриття, перекриття	1,481	0,012	1,493	9.226	26	
5	Прогони	0.111	0.012	0.123	9.426	29.41	
6	Профнастил	0.0444	0.03	0.0744	9.948	10	
7	Зв'язки	0.426	0.01	0.436	9.03	29	

3.4 Організація потокового виконання монтажних робіт

Таблиця 3.4 – Зведена таблиця технологічних параметрів

№ потоку	Назва процесу	Обґрунтування	Одиниці виміру	Норма часу		Захватка 1				Ритм потоку, зм	Склад ланки	
				Люд-год	Маш-год	Об'єм Робіт	Трудовісткість Люд-год		Машиновісткість Маш-год			
							Норм.	Прийн	Норм.			Прийн
1	Розвантаження інвентарю і пристосувань	25-14-1 табл. 2	шт	0,48	0,24	8	3,84	4	1,92	4	-	Такелажники 3розр. – 1, 2розр. – 1, Машиніст крана: <u>5розр. – 1</u> 3
							Σ=3,84	Σ=1,92				
2	Укрупнювальне збирання сталевих конструкцій (ферм)	5-1-3	шт.	2.9	0.58	16	46,4	48	9,28	8		Монтажник конструкцій: 6розр. – 1, 5розр. – 1, 4розр. – 2, 3розр. – 1, Машиніст крана: <u>6розр. – 1</u> 6
							Σ=46,4	Σ=9,28				
3	Монтаж металевих колон одноповерхового будинку заввишки до 25 м цільного перетину, масою до 1 т	9-17-1 табл.23 група 17	т	14.96	3.74	37,7	563,99	560	141	144	-	Монтажник конструкцій: 6розр. – 1, 5розр. – 1, 4розр. – 2, 3розр. – 1, Машиніст крана: <u>6розр. – 1</u> 6
							Σ=563,99	Σ=141				
4	Монтаж кроквяних ферм на висоті до 25 м прольотом до 24 м, масою до 3т	9-22-1 табл.31 група 22	т	36,8	8,38	25,52	939,14	4176	213,86	552	-	Монтажник конструкцій: 6розр. – 1, 5розр. – 1, 4розр. – 2, 3розр. – 1, Машиніст крана: <u>6розр. – 1</u> 6
	Установлення балок покриття,перекриття, прогонів	9-25-1 табл.35 група 25	т	22,56	2,86	88,44	1995,21		252,94			
	Установлення зв'язків	9-24-1 табл.34 група.24	т	90,4	6,1	13,75	1243		83,88			
							Σ=4177,35	Σ=550,68				
5	Установка і зняття інвентарних металевих сходів	5-1-2	шт	1,6	-	67	107,2	104	-	-	-	Монтажник констр.: 4розр. – 1 3розр. – 1
							Σ=107,2					

Продовження таблиці 3.4

6	Підйом краном листів профнастилу в пачці на покрівлю	5-1-20	100м ²	0,1	0,03	25,83	2,583	328	0,8	4	-	Монтажник констр.: 4розр. - 2 3розр - 2 Машиніст крана: <u>6розр. - 1</u> 5
	Установлення профнастилу	5-1-20	100м ²	12,55	-	25,83	324,17		-			
	Σ=326,753							Σ=0,8				
7	Завантаження інвентарю і пристосувань	25-14-1 табл. 2	шт	0.6	0.3	8	4,8	8	2,4	4	-	Такелажники 3розр. - 1, 2розр. - 1, Машиніст крана: <u>5розр. - 1</u> 3
	Σ=4,8							Σ=2,4				

3.5 Вимоги охорони праці та безпеки під час виконання монтажних робіт

Монтаж будівельних конструкцій належить до робіт підвищеної небезпеки, тому їх виконання повинно здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів з охорони праці, пожежної безпеки та безпечної експлуатації вантажопідіймальних машин і механізмів.

До початку виконання монтажних робіт будівельний майданчик необхідно підготувати та організувати відповідно до проєкту виконання робіт. У межах монтажно́ї зони забороняється перебування сторонніх осіб, а також виконання будь-яких робіт, не пов'язаних безпосередньо з монтажем конструкцій. Небезпечні ділянки повинні бути позначені попереджувальними знаками та огороженнями.

Під час монтажу не допускається одночасне виконання робіт на різних ярусах по одній вертикалі, якщо існує ризик падіння конструкцій, інструментів або матеріалів. Встановлення елементів каркаса повинно здійснюватися згідно з технологічною послідовністю, передбаченою проєктом.

Перед підйомом усі конструкції необхідно перевірити на наявність монтажних петель, маркування та пристроїв для безпечного стропування. Елементи, що мають пошкодження або не забезпечують надійного закріплення стропів, до монтажу не допускаються. Конструкції слід очищати від бруду, льоду, снігу та сторонніх предметів ще до їх піднімання.

Стропування конструкцій необхідно виконувати справними вантажозахоплювальними пристроями, що відповідають масі та габаритам вантажу. При переміщенні елементів слід виключати їх обертання та розгойдування шляхом використання спеціальних відтяжок. Перебування людей на піднятому вантажі або під ним категорично забороняється.

Усі конструкції після встановлення в проєктне положення повинні бути тимчасово або постійно закріплені відповідно до вимог робочої документації. Знімати стропи дозволяється лише після перевірки надійності закріплення елемента та забезпечення його стійкості.

Для виконання робіт на висоті необхідно використовувати інвентарні підмостки, монтажні площадки, драбини та містки з огороженнями. Монтажники повинні застосовувати запобіжні пояси та страхувальні канати, закріплені за надійні конструктивні елементи. Переміщення по фермах, балках та інших елементах каркаса без засобів індивідуального захисту не допускається.

Особливу увагу необхідно приділяти надійності тимчасових кріплень, розчалок і підкосів. Вони повинні закріплюватися до перевірених опор та не створювати перешкод для руху транспортних засобів і будівельної техніки. Забороняється спирати розчалки на конструкції, міцність яких не підтверджена розрахунком.

Монтажні роботи слід припиняти при несприятливих погодних умовах. Не допускається виконання робіт під час грози, сильного туману, ожеледиці або при швидкості вітру, що перевищує нормативні значення. Для великорозмірних конструкцій із значною парусністю обмеження за швидкістю вітру повинні бути більш жорсткими.

Перед початком монтажу необхідно визначити порядок подачі команд між машиністом крана та відповідальною особою за виконання робіт. Сигнали повинні подаватися однією призначеною особою, за винятком аварійної команди «Стоп», яку може подати будь-який працівник у разі виникнення небезпечної ситуації.

У процесі монтажу необхідно контролювати безпечні відстані між вантажем, конструкціями будівлі, обладнанням та інженерними мережами. Особливу обережність слід дотримуватися під час виконання робіт поблизу діючих електричних мереж і технологічного обладнання.

Монтаж наступного ярусу конструкцій дозволяється виконувати лише після завершення встановлення та закріплення всіх елементів попереднього ярусу. Будь-які роботи з усунення дефектів, виправлення неточностей монтажу або підключення обладнання повинні виконуватися за окремо розробленими заходами безпеки.

3.6 Технологія встановлення конструкцій каркаса

3.6.1 Порядок монтажу колон каркаса

Після завершення робіт із приймання фундаментів та підвальної частини будівлі розпочинають монтаж сталевих колон каркаса. Перед установленням на опорній плиті бази колони наносять розбивочні осі, які використовуються для забезпечення точного суміщення конструкції з проєктним положенням. До початку підйому на колонах закріплюють інвентарні драбини та монтажні площадки в місцях подальшого примикання кроквяних ферм.

Після підготовчих операцій виконують стропування конструкції та її подавання до місця монтажу. Установлення колон здійснюється на попередньо змонтовані та вивірені опорні плити зі струганою верхньою поверхнею. Опорні плити розміщуються на фундаментах таким чином, щоб їх верхня відмітка відповідала проєктному положенню. Регулювання положення плити виконується за допомогою установочних гвинтів або анкерних болтів із гайками.

Під час монтажу ризики на колоні суміщають із розбивочними осями, закріпленими на закладних деталях фундаменту. Правильність розташування конструкції в плані та по висоті контролюється геодезичними приладами. Горизонтальність опорних елементів перевіряють будівельними рівнями, після чого виконують попереднє закріплення колони.

Монтаж колон здійснюється автомобільним краном LIEBHERR LTM 1050 безпосередньо з транспортних засобів. Стропування елементів виконується за вертикальний лист перехідної частини колони. До моменту розстропування конструкцію необхідно остаточно вивірити за вертикаллю, закріпити анкерними болтами та за необхідності зафіксувати тимчасовими розчалками.

Розчалки встановлюють уздовж ряду колон і кріплять до фундаментів або інших надійних опор. Їх демонтаж допускається лише після остаточного закріплення колони та забезпечення просторової жорсткості каркаса. Вивіряння положення колон здійснюється одночасно з монтажем. Контроль вертикальності виконують за допомогою теодоліта шляхом перевірки положення двох взаємно перпендикулярних граней конструкції.

3.6.2 Послідовність монтажу ферм покриття

Монтаж кроквяних ферм виконують після завершення встановлення та остаточного закріплення всіх колон каркаса. Для виконання монтажних робіт застосовується автомобільний кран LIEBHERR LTM 1070. Піднімання ферм здійснюється за допомогою спеціальних траверс, обладнаних пристроями для дистанційного від'єднання стропів після встановлення конструкції у проектне положення.

Першу ферму після встановлення фіксують тимчасовими розчалками, що забезпечують її стійкість до моменту утворення просторової системи каркаса. Під час монтажу другої ферми між конструкціями встановлюють постійні зв'язки, які підвищують загальну жорсткість змонтованого фрагмента покриття. Наступні ферми послідовно приєднують до вже встановлених елементів за допомогою передбачених проектом з'єднань.

Контроль правильності монтажу здійснюється безпосередньо після встановлення кожної ферми. Вертикальність конструкцій перевіряють за допомогою виска або геодезичних приладів, відхилення від площини контролюють натягнутим контрольним шнуром, а відстані між верхніми

поясами визначають рулетками, шаблонами або спеціальними вимірювальними пристроями.

На будівельний майданчик ферми надходять окремими транспортними елементами (відправними марками). Попереднє укрупнювальне складання виконується в зоні монтажу на спеціально підготовлених стендах або стелажах у горизонтальному положенні. З'єднання окремих частин ферми здійснюється зварюванням відповідно до вимог робочої документації.

Після підйому та встановлення ферми її верхній пояс приєднують до полиці двотаврової колони за допомогою болтових з'єднань із подальшим виконанням монтажного зварювання, що забезпечує необхідну міцність та просторову незмінність каркаса будівлі.

3.7 Техніко-економічні показники проекту

1. Тривалість виконання монтажних робіт

Загальна тривалість будівельно-монтажного процесу становить:

$$T = 69 \text{ діб.}$$

2. Сумарні трудові витрати

Загальна трудомісткість робіт на весь обсяг монтажу визначається як сукупність витрат праці всіх виконавців та становить $\sum Q$, люд.-змін.

3. Питома трудомісткість робіт

Показник характеризує витрати праці, необхідні для виконання одиниці робіт, та визначається за формулою:

$$q = \frac{\sum Q}{V} = \frac{639}{167,924} = 3.81 \quad (3.4)$$

4. Середній виробіток одного працівника за зміну

Даний показник відображає обсяг робіт, який виконує один робітник протягом робочої зміни в натуральних одиницях виміру, і визначається за відповідною залежністю:

$$B = \frac{V}{\sum Q} = \frac{167,924}{639} = 0.26 \quad (3.5)$$

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Охорона праці є невід'ємною складовою діяльності будь-якого підприємства та спрямована на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Для автомобільного торговельно-сервісного центру у м. Харкові питання забезпечення безпечних умов праці мають особливе значення, оскільки функціонування об'єкта пов'язане з виконанням робіт із технічного обслуговування та ремонту автомобілів, використанням електрообладнання, підйомно-транспортних механізмів, легкозаймистих матеріалів, лакофарбової продукції та інших джерел потенційної небезпеки.

Забезпечення належного рівня безпеки праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, пожежної безпеки, цивільного захисту та виробничої санітарії. Основні принципи забезпечення права громадян на безпечні та здорові умови праці закріплені в «Конституції України» [14]. Зокрема, статтею 43 визначено право кожного працівника на належні, безпечні та здорові умови праці.

Важливим нормативно-правовим актом є «Кодекс законів про працю України» [15], який регламентує трудові відносини між роботодавцем і працівниками, визначає обов'язки сторін щодо створення безпечних умов праці, проведення інструктажів, навчання персоналу та забезпечення засобами індивідуального захисту.

Основним спеціалізованим нормативним документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [16]. Відповідно до положень цього Закону роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів, забезпечити функціонування системи управління охороною праці, здійснювати контроль за дотриманням

працівниками вимог безпеки, організовувати проведення медичних оглядів та навчання з питань охорони праці.

В умовах воєнного стану особливого значення набуває Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану» [17], який визначає особливості регулювання трудових відносин у період дії воєнного стану та спрямований на забезпечення безпеки працівників і безперервності функціонування підприємств. Для автомобільного торговельно-сервісного центру, розташованого у місті Харкові, положення даного Закону мають важливе практичне значення, оскільки діяльність підприємства здійснюється в умовах підвищених ризиків, пов'язаних із воєнними загрозами.

Організація роботи персоналу повинна враховувати можливість виникнення надзвичайних ситуацій, повітряних тривог, перебоїв електропостачання та інших небезпечних факторів воєнного характеру. У зв'язку з цим роботодавець зобов'язаний забезпечити своєчасне інформування працівників про загрози, організувати безпечну евакуацію людей до захисних споруд та створити умови для збереження життя і здоров'я персоналу під час виконання трудових обов'язків.

Вимоги щодо забезпечення належного рівня пожежної безпеки встановлюються Правилами пожежної безпеки в Україні [18] та ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [19]. Для автомобільного торговельно-сервісного центру це особливо важливо через наявність паливно-мастильних матеріалів, лакофарбової продукції, електротехнічного обладнання та інших пожежонебезпечних речовин і матеріалів.

Враховуючи специфіку роботи автомобільного торговельно-сервісного центру у м. Харкові, пріоритетними напрямками забезпечення охорони праці є попередження виробничого травматизму під час виконання ремонтних робіт, захист працівників від впливу шкідливих речовин, забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки, створення належних санітарно-гігієнічних умов праці та організація заходів безпеки в умовах воєнної агресії.

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек в автомобільному торговельно-сервісному центрі

Автомобільний торговельно-сервісний центр у м. Харкові поєднує функції продажу, технічного обслуговування, ремонту та діагностики транспортних засобів. Особливості виробничих процесів обумовлюють наявність комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників та безпеку виробничої діяльності. Аналіз умов праці виконано відповідно до ДСТУ 2293:2014 та Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища.

Основними робочими місцями в автомобільному торговельно-сервісному центрі є пости технічного обслуговування і ремонту автомобілів, дільниця рихтування кузовів, фарбувальна дільниця, автомийка, складські приміщення, адміністративні та допоміжні приміщення. На кожному з цих робочих місць присутні небезпечні та шкідливі виробничі фактори різної природи.

До фізичних небезпечних факторів належать рухомі автомобілі, підйомно-транспортне обладнання, автомобільні підйомники, компресорні установки, електроінструмент та механізоване обладнання. Під час виконання ремонтних робіт існує ризик травмування працівників внаслідок падіння деталей, контакту з рухомими елементами обладнання або випадкового опускання транспортного засобу з підйомника. Додаткову небезпеку становлять гострі крайки металевих деталей кузова, інструментів та заготовок.

У виробничих приміщеннях сервісної зони можливий підвищений рівень шуму, джерелами якого є компресори, пневматичний інструмент, двигуни автомобілів та вентиляційне обладнання. Тривалий вплив шуму може призводити до зниження працездатності, підвищеної втомлюваності та професійних захворювань органів слуху. Одночасно під час роботи пневматичного та механізованого інструменту виникають локальні та загальні вібрації.

На робочих місцях працівників можливі відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень. У холодний період року негативний

вплив може створювати знижена температура повітря в зоні в'їзду та виїзду автомобілів, а в теплий період - підвищена температура у виробничих приміщеннях. На автомийці додатковим несприятливим фактором є підвищена вологість повітря та слизькі поверхні підлоги.

Одним із найбільш небезпечних факторів є можливість ураження електричним струмом. На об'єкті експлуатуються електрифіковані підйомники, компресори, діагностичне обладнання, освітлювальні прилади та електроінструмент. Особливу небезпеку становить використання електрообладнання в умовах підвищеної вологості на ділянці миття автомобілів.

До хімічних небезпечних та шкідливих факторів належать вихлопні гази автомобілів, пари бензину, дизельного пального, мастильних матеріалів, розчинників, знежирювачів та лакофарбових матеріалів. Найбільша концентрація таких речовин спостерігається в зоні технічного обслуговування, на фарбувальній та рихтувальній ділянках. Шкідливі речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкірні покриви та слизові оболонки, викликаючи подразнення, алергічні реакції або професійні захворювання.

Особливу увагу слід приділити фарбувальній ділянці, де в процесі нанесення лакофарбових покриттів утворюються аерозолі фарби та пари органічних розчинників. Дані речовини мають токсичний вплив на організм людини та можуть створювати пожежо- і вибухонебезпечне середовище.

До біологічних факторів належать мікроорганізми, які можуть розвиватися у вологому середовищі автомийки, системах водовідведення та санітарно-побутових приміщеннях. За недостатнього санітарного контролю вони можуть негативно впливати на стан здоров'я працівників.

Психофізіологічні фактори пов'язані з особливостями трудової діяльності персоналу. Працівники сервісної зони часто виконують роботи у вимушених позах, пов'язаних із тривалими статичними та динамічними навантаженнями. Додатково виникає нервово-психічне напруження, обумовлене необхідністю

роботи з клієнтами, відповідальністю за якість ремонту та дотриманням термінів виконання робіт.

В умовах воєнного стану для автомобільного торговельно-сервісного центру у м. Харкові додатковими потенційними небезпеками є ракетні удари, застосування безпілотних літальних апаратів, перебої електропостачання, пошкодження інженерних мереж та необхідність оперативної евакуації працівників і відвідувачів до захисних споруд цивільного захисту.

Таким чином, на робочих місцях автомобільного торговельно-сервісного центру присутні фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Їх вплив може призводити до травмування працівників, професійних захворювань та аварійних ситуацій. Для зменшення ризику реалізації виявлених небезпек необхідно провести оцінювання професійних ризиків та розробити комплекс організаційних, технічних і архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек в автомобільному торговельно-сервісному центрі

Для оцінювання рівня виробничої безпеки в автомобільному торговельно-сервісному центрі у м. Харкові проведено аналіз ризиків реалізації потенційних небезпек на робочому місці слюсаря з ремонту автомобілів. Вибір даної професії обумовлений тим, що працівник виконує роботи з використанням підйомного обладнання, ручного та механізованого інструменту, електрообладнання, а також контактує з паливно-мастильними матеріалами та працюючими автомобілями.

Оцінювання ризиків виконувалося відповідно до методики матричного аналізу ризиків. Для кожної небезпеки визначалися категорія серйозності наслідків та рівень імовірності її виникнення. Після цього за допомогою матриці ризиків встановлювався індекс ризику та його рівень припустимості.

Ідентифікацію основних небезпек та джерел їх виникнення наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Ідентифікація потенційних небезпек на робочому місці слюсаря з ремонту автомобілів

№ з/п	Потенційна небезпека	Джерело виникнення
1	Ураження електричним струмом	Електроінструмент, електрообладнання
2	Падіння автомобіля з підйомника	Несправність підйомного обладнання
3	Порізи та травмування рук	Ручний інструмент, гострі кромки деталей
4	Отруєння вихлопними газами	Працюючі двигуни автомобілів
5	Опіки гарячими поверхнями	Двигун, вихлопна система
6	Пожежа або займання	Паливо, мастила, електромережі

На основі виявлених небезпек виконано їх класифікацію за категоріями серйозності наслідків та рівнями ймовірності виникнення. Результати оцінювання ризиків наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання ризиків реалізації потенційних небезпек

Потенційна небезпека	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація ризику
1	2	3	4	5
Ураження електричним струмом	II – критична	D – віддалена	2D	Небажаний
Падіння автомобіля з підйомника	I – катастрофічна	D – віддалена	1D	Небажаний

Порізи та механічні травми рук	III – гранична	B – можлива	3B	Небажаний
--------------------------------	----------------	-------------	----	-----------

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
Отруєння вихлопними газами	II – критична	C – випадкова	2C	Небажаний
Опіки гарячими поверхнями	III – гранична	C – випадкова	3C	Небажаний
Пожежа у виробничій зоні	I – катастрофічна	E – неймовірна	1E	Припустимий з перевіркою

Як видно з табл. 4.2, найбільшу небезпеку для працівника становлять падіння автомобіля з підйомника, ураження електричним струмом та отруєння вихлопними газами. Дані небезпеки можуть призвести до тяжких травм, втрати працездатності або летальних наслідків.

Ураження електричним струмом віднесено до критичної категорії небезпеки, оскільки його наслідками можуть бути важкі опіки, порушення діяльності серцево-судинної системи або смертельне травмування працівника. Відповідно до проведеного аналізу, даній небезпеці відповідає індекс ризику 2D, який згідно з матрицею оцінювання належить до небажаного рівня ризику.

Падіння автомобіля з підйомника характеризується катастрофічними наслідками, оскільки може спричинити смертельне травмування персоналу або значні матеріальні збитки. Як показано в табл. 4.2, дана небезпека має індекс ризику 1D та відноситься до категорії небажаних ризиків.

Отруєння вихлопними газами також є однією з найбільш небезпечних подій, оскільки продукти згоряння палива містять оксид вуглецю та інші

токсичні речовини. При недостатній вентиляції виробничих приміщень можливе виникнення гострих отруєнь або хронічних захворювань органів дихання. За результатами оцінювання даних небезпеці відповідає індекс ризику 2С.

Порізи рук інструментом та опіки гарячими поверхнями віднесені до граничних небезпек. Незважаючи на меншу тяжкість наслідків порівняно з попередніми небезпеками, вони можуть призводити до тимчасової втрати працездатності працівників і потребують проведення профілактичних заходів.

Аналіз даних табл. 4.2 свідчить, що більшість небезпек на робочому місці слюсаря з ремонту автомобілів мають небажаний (гранично допустимий) рівень ризику. Такі ризики потребують впровадження комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на зменшення ймовірності виникнення небезпечних подій та мінімізацію їх наслідків.

4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі

За результатами аналізу умов праці та оцінювання професійних ризиків в автомобільному торговельно-сервісному центрі у м. Харкові встановлено, що найбільшу небезпеку для працівників становлять ураження електричним струмом, падіння автомобіля з підйомника, вплив вихлопних газів, підвищені рівні шуму та вібрації, а також можливість виникнення пожежі. Для зменшення ймовірності реалізації зазначених небезпек та створення безпечних умов праці розроблено комплекс організаційних, технічних та архітектурно-планувальних заходів.

Організаційні заходи

Для забезпечення належного рівня безпеки праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі необхідно організувати функціонування системи управління охороною праці відповідно до вимог чинного законодавства України. До початку виконання своїх обов'язків усі працівники повинні проходити навчання та перевірку знань з питань охорони праці, пожежної безпеки та надання домедичної допомоги. Для працівників, діяльність яких пов'язана з

виконанням робіт підвищеної небезпеки, необхідно проводити спеціальне навчання та періодичну перевірку знань.

На робочих місцях повинні бути розміщені інструкції з охорони праці, попереджувальні знаки безпеки, плани евакуації та інформаційні матеріали щодо безпечного виконання робіт. Особлива увага повинна приділятися систематичному контролю технічного стану автомобільних підйомників, електрообладнання, компресорних установок та засобів пожежогасіння.

Для зниження рівня виробничого травматизму працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом, захисним взуттям, рукавицями, захисними окулярами та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Важливим організаційним заходом також є дотримання раціонального режиму праці та відпочинку, що дозволяє знизити втому працівників та зменшити ймовірність виникнення помилок під час виконання виробничих операцій.

Технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки

Ураження електричним струмом належить до найбільш небезпечних факторів виробничого середовища. Для запобігання нещасним випадкам усі металеві неструмоведучі частини обладнання, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути приєднані до системи захисного заземлення.

Електромережі автомобільного торговельно-сервісного центру необхідно обладнати пристроями захисного вимкнення, які забезпечують автоматичне відключення живлення у випадку виникнення аварійної ситуації. Електрощитові повинні бути закритими для сторонніх осіб та обладнаними відповідними попереджувальними знаками. Проведення профілактичних оглядів та вимірювання опору ізоляції електромереж дозволить своєчасно виявляти несправності та запобігати виникненню аварійних ситуацій.

Заходи щодо зниження ризику падіння автомобіля з підйомника

Для безпечного виконання ремонтних робіт необхідно використовувати автомобільні підйомники, що пройшли технічне опосвідчення та обладнані

механічними пристроями фіксації. Перед початком роботи працівник повинен перевіряти правильність встановлення автомобіля на підйомнику та справність обладнання.

Робоча зона навколо підйомників повинна бути вільною від сторонніх предметів, а її межі необхідно позначити попереджувальними знаками безпеки. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні виконання ремонтних робіт під час підйому або опускання транспортного засобу.

Заходи щодо нормалізації мікроклімату та повітряного середовища

Для підтримання нормативних параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях автомобільного торговельно-сервісного центру необхідно передбачити ефективну систему опалення та припливно-витяжної вентиляції. Робота вентиляційної системи повинна забезпечувати видалення надлишкового тепла, вологи та шкідливих речовин із робочої зони.

Однією з найбільш характерних небезпек для працівників сервісної зони є вплив вихлопних газів автомобілів. Для зниження концентрації шкідливих речовин рекомендується встановити системи локального відведення вихлопних газів безпосередньо від вихлопних труб транспортних засобів. Таке рішення дозволить суттєво покращити якість повітря у виробничих приміщеннях.

На ділянці фарбування необхідно застосовувати окрему припливно-витяжну вентиляцію, яка забезпечуватиме видалення аерозолів фарби та парів органічних розчинників. Це дозволить знизити вплив токсичних речовин на організм працівників та підвищити рівень пожежної безпеки.

Заходи щодо забезпечення нормативного освітлення

Для створення комфортних та безпечних умов праці рівень освітленості робочих місць повинен відповідати вимогам чинних нормативних документів. У виробничих приміщеннях доцільно застосовувати комбіновану систему освітлення, що включає загальне та місцеве освітлення робочих зон.

Для освітлення приміщень рекомендується використовувати світлодіодні світильники з високою енергоефективністю та низьким коефіцієнтом пульсації світлового потоку. Використання природного освітлення через віконні прорізи

дозволить покращити умови праці персоналу та зменшити витрати електроенергії.

Заходи щодо зниження рівня шуму та вібрації

Основними джерелами шуму в автомобільному торговельно-сервісному центрі є компресорні установки, вентиляційне обладнання та пневматичний інструмент. Для зменшення шумового впливу компресори рекомендується розміщувати в окремих технічних приміщеннях або обладнувати шумопоглинаючими кожухами.

Для зниження вібраційного впливу обладнання необхідно встановлювати на спеціальні вібропоглинаючі опори. Працівники, які використовують пневматичний інструмент, повинні застосовувати антивібраційні рукавиці, що сприятиме зменшенню негативного впливу вібрації на організм людини.

Протипожежні заходи

Автомобільний торговельно-сервісний центр повинен бути обладнаний автоматичною пожежною сигналізацією та системою оповіщення про пожежу. Виробничі, складські та адміністративні приміщення необхідно забезпечити первинними засобами пожежогасіння відповідно до встановлених норм.

Паливно-мастильні матеріали, розчинники та лакофарбові матеріали повинні зберігатися у спеціально обладнаних місцях. Усі евакуаційні виходи повинні постійно утримуватися вільними, а персонал повинен бути ознайомлений із порядком дій у разі виникнення пожежі.

Архітектурно-планувальні заходи

Планувальні рішення автомобільного торговельно-сервісного центру передбачають функціональне розділення виробничих, складських та адміністративних приміщень. Фарбувальна діляниця та зона технічного обслуговування відокремлені від приміщень постійного перебування людей протипожежними конструкціями, що сприяє підвищенню рівня безпеки.

У будівлі передбачено нормативну кількість евакуаційних виходів та шляхів евакуації. Розміри проходів, дверей та сходових кліток забезпечують

можливість безпечної евакуації працівників і відвідувачів у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Заходи безпеки в умовах воєнної агресії

Враховуючи розташування автомобільного торговельно-сервісного центру у місті Харкові, необхідно передбачити додаткові заходи цивільного захисту, пов'язані з ризиками воєнного характеру. Працівники повинні бути ознайомлені з порядком дій під час сигналу «Повітряна тривога» та маршрутами руху до найближчого укриття.

Маршрути евакуації до захисної споруди необхідно позначити відповідними покажчиками. Для забезпечення функціонування критично важливих систем рекомендується передбачити резервне джерело електроживлення. Крім того, на підприємстві доцільно створити запас питної води, медичних засобів, переносних ліхтарів та інших матеріальних ресурсів, необхідних для дій у надзвичайних ситуаціях.

4.5 Висновки

Метою розділу «Охорона праці» було дослідження умов праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі у м. Харкові, виявлення потенційних небезпек виробничого середовища, оцінювання професійних ризиків та розроблення комплексу заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці працівників.

У процесі виконання розділу було проаналізовано нормативно-правову базу у сфері охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту, яка регламентує вимоги до організації безпечної діяльності автомобільного торговельно-сервісного центру. Проведений аналіз умов праці дозволив встановити наявність фізичних, хімічних, біологічних та психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Найбільш небезпечними визначено ураження електричним струмом, падіння автомобіля з підйомника, вплив вихлопних газів, підвищені рівні шуму та вібрації, а також пожежну небезпеку.

Для робочого місця слюсаря з ремонту автомобілів виконано оцінювання ризику реалізації потенційних небезпек із використанням матричного методу аналізу ризиків. Результати дослідження показали необхідність впровадження додаткових заходів, спрямованих на зниження рівня професійних ризиків та підвищення безпеки виробничих процесів.

Для покращення умов праці в автомобільному торговельно-сервісному центрі запропоновано комплекс організаційних, технічних та архітектурно-планувальних заходів. Передбачено вдосконалення системи навчання персоналу з питань охорони праці, застосування сучасних засобів захисту, забезпечення електробезпеки, ефективної вентиляції, нормативного освітлення, зниження рівнів шуму та вібрації, а також підвищення рівня пожежної безпеки. Крім того, розроблено заходи цивільного захисту працівників в умовах воєнного стану та можливих надзвичайних ситуацій.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. ДБН В.1.2 – 2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» зі змінами. К.: Мінбуд України. 2006. – 59 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд зі змінами». К.: Мінрегіонбуд України. 2018. -30 с.
3. ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)». К.: ДП «Укр НДНЦ». 2019. –14с.
4. ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2019. 43 с.
5. ДБН В.2.2-23:2009. Будинки і споруди. Підприємства торгівлі. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 49 с.
6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 64 с.
7. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017. 41 с.
8. ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2018. – 42с.
9. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». К.: Міністерство розвитку громад та територій України. 2022. -27 с.
10. ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». К.: ДП «Укр НДНЦ». 2022. –63с.

11. ДСТУ Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій». К.: Мінрегіон України 2014. -41с.
- 12.ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування. К.: Мінрегіонбуд України». 2014. – 199 с.
13. ДСТУ 8768:2018 «Двотаври сталеві гарячекатані. Сортамент». К.: ДП «УкрНДНЦ». 2018. – 9 с.
14. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>
- 15.Кодекс законів про працю України: Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
- 16.Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
- 17.Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану: Закон України від 15.03.2022 № 2136-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2136-20>
- 18.Правила пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>
- 19.ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Мінрегіон України, 2017. 35 с.