

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавра
(назва освітнього ступеня)

На тему: Проект логістичного центру

Виконав: студент _____ 4 _____ курсу, групи _____ МБс-41
спеціальності _____ 192 _____
Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Гавдида Р.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Мещерякова О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Мещерякова О.М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ясній В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Качка О.И.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гавдиді Руслану Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект логістичного центру

Керівник роботи Мещерякова Ольга Михайлівна, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва - Чернігів,
поверховість будівлі — змішана; конструктивна – металевий каркас

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Розділ 1 Теоретичний розділ. Розділ 2 Архітектурно-будівельний. Розділ 3 Розрахунково-конструктивний. Розділ 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
План поверху. План другого поверху. Фасад Генплан.

Розріз. Геологічний розріз. План фундаментів

План несучих конструкцій Типові вузли

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б. к.т.н., зав. кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання 22.01.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ПЗ: Вступ, Розділ І	20.03.2026	
2	Графічна частина: Аркуш 1	21.03.2026	
3	Графічна частина: Аркуш 2	22.03.2026	
4	Графічна частина: Аркуш 3	23.03.2026	
5	ПЗ: Розділ 2	20.04.2026	
6	ПЗ: Розділ 3	24.05.2026	
7	Графічна частина: Аркуш 4	29.05.2026	
8	Графічна частина: Аркуш 5	30.05.2026	
9	Графічна частина: Аркуш 6	31.05.2026	
10	ПЗ: Розділ 4	06.06.2026	
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Студент

(підпис)

Гавдида Р.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Мещерякова О.М.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ.....	8
1.1 Поняття та функціональне призначення логістичного центру	8
1.2 Класифікація логістичних центрів	9
1.3 Архітектурно-планувальні вимоги до логістичних центрів	10
1.4 Конструктивні рішення та технології будівництва	11
1.5 Досвід проектування логістичних центрів	14
1.6 Висновки до розділу 1	15
РОЗДІЛ 2 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....	17
2.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	17
2.1.1 Кліматичні умови.....	17
2.1.2 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки	18
2.2 Генеральний план.....	19
2.2.1 Розрахунок кількості майданчиків та автостоянок для постійного татимчасового зберігання автомобілів.....	19
2.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки.....	20
2.2.3 Техніко-економічні показники по генплану	21
2.3 Характеристика технологічного чи функціонального процесу	21
2.4 Архітектурно-планувальні рішення	22
2.5 Техніко-економічні показники	23
2.6 Енергоефективність	23
2.6.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності	23
2.6.2 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.....	24
2.7 Конструктивні рішення	25
2.8 Опорядження будинку	26
2.9 Інженерні мережі і обладнання.....	27
2.10 Доступність для маломобільних груп населення (МГН).....	29
2.11 Висновки за розділом 2	29
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	31

3.1	Компонування конструктивної схеми каркаса будівлі	31
3.1.1	Конструктивне рішення каркаса.....	31
3.1.2	Розташування основних несучих конструкцій будівлі	31
3.1.3	Основні розміри поперечника в осях.....	32
3.1.4	Забезпечення незмінності просторової системи каркаса (зв'язків).....	32
3.2	Розрахунок прогону П1	33
3.2.1	Вихідні дані.....	33
3.2.2	Постійне навантаження	33
3.2.3	Снігове навантаження.....	34
3.2.4	Статичний розрахунок прогону.....	35
3.2.5	Конструктивний розрахунок прогону.....	36
3.3	Розрахунок і конструювання кроквяної ферми ФС1 в осях 1–7	38
3.3.1	Вихідні дані.....	38
3.3.2	Розрахунок і конструювання вузлів кроквяної ферми.....	40
3.4	Розрахунок і проектування фундаментів.....	45
3.4.1	Вихідні дані.....	45
3.4.2	Проектування пальового фундаменту із забивних паль	46
3.4.3	Проектування ростверку	51
3.4.4	Проектування пальового фундаменту з буронабивних паль.....	56
3.4.5	Визначення навантажень на кожну палю	59
3.5	Висновки за розділом 3	61
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		62
4.1	Аналіз умов праці та небезпечних факторів на будівельному майданчику ...	62
4.2	Заходи з безпеки праці при виконанні будівельно-монтажних робіт	62
4.2.1	Організаційні заходи.....	63
4.2.2	Заходи при виконанні земляних робіт	63
4.2.3	Заходи безпеки при монтажі металевих конструкцій	64
4.2.4	Заходи безпеки при зварювальних роботах	64
4.2.5	Заходи з пожежної безпеки на будівельному майданчику	65
4.3	Висновки розділу 4	66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
БІБЛІОГРАФІЯ.....	68

ВСТУП

Сучасні логістичні центри є важливою складовою транспортно-складської інфраструктури, оскільки забезпечують приймання, зберігання, сортування, комплектування та відвантаження вантажів у межах єдиного технологічного процесу. Розвиток електронної комерції, зростання вимог до швидкості доставки, необхідність оптимізації ланцюгів постачання та потреби відновлення економіки України після руйнувань зумовлюють підвищений попит на якісні складські та логістичні об'єкти.

Для України питання розвитку логістичної інфраструктури має особливе значення. Умови воєнного стану, зміна напрямків вантажопотоків, релокація підприємств, необхідність забезпечення стабільного постачання товарів і матеріалів потребують створення сучасних, енергоефективних і технологічно зручних логістичних центрів у різних регіонах держави. Місто Чернігів має важливе транспортне значення, оскільки пов'язане автомобільними та залізничними шляхами з іншими містами України, що робить розміщення логістичного центру в промисловій зоні міста доцільним з функціональної та містобудівної точки зору.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення проєктних рішень логістичного центру в місті Чернігів. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі завдання: проаналізовано теоретичні основи та досвід проєктування логістичних центрів; розробити генеральний план і функціональне зонування будівлі; прийняти архітектурно-планувальні та конструктивні рішення; виконати теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій; розрахунок основних несучих елементів сталевих каркасів та варіантне проєктування фундаментів; розглянути питання технології будівництва, економіки та безпеки життєдіяльності.

Об'єктом проєктування є будівля логістичного центру в місті Чернігів.

Під час виконання роботи використано методи аналізу нормативної бази та досвіду проєктування, порівняння конструктивних рішень, інженерних

розрахунків несучих конструкцій і фундаментів, техніко-економічного зіставлення варіантів, а також графічного моделювання проєктних рішень.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, бібліографії та додатків. У першому розділі розглянуто теоретичні основи проєктування логістичних центрів. У другому розділі наведено архітектурно-будівельні рішення. У третьому розділі виконано розрахунки основних конструктивних елементів і фундаментів. У четвертому розділі висвітлено питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Поняття та функціональне призначення логістичного центру

Логістичний центр - це спеціалізований комплекс будівель і споруд, призначений для приймання, зберігання, сортування, комплектації та відвантаження товарів у межах єдиної інфраструктури управління вантажопотоками. На відміну від традиційного складу, який виконує переважно функцію зберігання, логістичний центр є повноцінним вузлом ланцюга постачань, що інтегрує транспортні, складські та інформаційні потоки.

Сучасний ЛЦ виконує такі ключові функції: отримання вантажів — розвантаження транспортних засобів, перевірка кількості та якості; зберігання — розміщення товарів на стелажних системах або в зонах штабелювання; сортування та комплектація — формування замовлень для кінцевих споживачів; відвантаження — завантаження і відправлення вантажів; надання додаткових послуг — маркування, пакування, митне оформлення, управління поверненнями (реверсна логістика).

Зростання електронної комерції та розвиток глобальних ланцюгів постачань суттєво посилили попит на якісну логістичну інфраструктуру. За даними ArchDaily, склади та логістичні центри стали однією з визначальних архітектурних типологій XXI століття: глобальний обсяг складських площ обчислюється десятками мільярдів квадратних футів і продовжує стрімко зростати на тлі бурхливого розвитку e-commerce. Пандемія COVID-19 додатково прискорила цей процес на кілька років, стиснувши майбутній ріст у вже перевантажений ринок.

В Україні у 2024 році введення в експлуатацію промислових будівель і складів зросло на 16% порівняно з 2023 роком — до 987 тис. м², що лише на 12% менше від довоєнного 2021 року. Це свідчить про стійкий попит на логістичну інфраструктуру навіть в умовах воєнного стану та є вагомим аргументом на користь розроблення якісних проєктних рішень у цій сфері.

1.2 Класифікація логістичних центрів

Відповідно до чинного ДБН В.2.2-43:2021 «Складські будівлі. Основні положення» складські будівлі — основа будь-якого ЛЦ — класифікуються за кількома ознаками.

За об'ємно-планувальними рішеннями: одноповерхові (найпоширеніші для великих ЛЦ завдяки раціональному використанню горизонтальної площі та зручній організації вантажопотоків); багатоповерхові (застосовуються в умовах обмеженої ділянки в містах); змішані (з антресолями).

За ступенем механізації: немеханізовані, механізовані та автоматизовані. Сучасні ЛЦ класу А орієнтуються на автоматизовані рішення з роботизованими системами сортування, конвеєрами та WMS (системами управління складом).

За класом (Додаток А до ДБН В.2.2-43:2021): клас А — найвищий стандарт: одноповерхові, висота приміщень від 10 м, антипилове покриття підлоги, автоматичні ворота з доклевлерами; клас В — двох- і одноповерхові будівлі з висотою від 6 м, асфальтовий двір; клас С — переобладнані виробничі або теплі склади; клас D — холодні склади, приміщення без опалення.

У міжнародній практиці, окрім наведеної класифікації за класами, логістичні центри розрізняють також за функціональним типом:

Розподільчий центр (Distribution Center) — основна функція полягає у швидкому переміщенні товарів, а не їх тривалому зберіганні. Включає функції складування, відвантаження, приймання, перевантаження (transloading) та крос-докінгу; деякі з них додатково надають послуги з обробки замовлень, управління поверненнями та маркування.

Фулфілмент-центр (Fulfillment Center) — орієнтований на обробку замовлень кінцевих споживачів, переважно в e-commerce. Оператори 3PL зберігають товари, комплектують та відправляють замовлення від імені продавців. Сучасні фулфілмент-центри надають послуги з управління даними, аналітики та оптимізації мережі постачань.

Крос-докінговий термінал (Cross-Dock Facility) — вантажі з вхідних транспортних засобів сортуються і безпосередньо перевантажуються на вихідні без тривалого складування. Розрізняють безперервний (continuous), консолідаційний та деконсолідаційний крос-докінг. Такий підхід мінімізує витрати на зберігання, скорочує час доставки та підвищує гнучкість ланцюга постачань.

Темний магазин (Dark Store) — міський мінісклад для надшвидкої доставки (quick commerce), розташований у житлових кварталах.

За функціональною ієрархією виділяють: регіональні ЛЦ (обслуговують великі географічні зони), локальні/міські розподільчі центри та термінали «останньої милі».

1.3 Архітектурно-планувальні вимоги до логістичних центрів

Функціональна організація логістичного центру визначається технологічним процесом переміщення вантажів. Типова структура ЛЦ включає такі функціональні зони: зона приймання (дебаркадери приймання з доклевелерами, платформи для автотранспорту); зона зберігання (основна складська площа, стелажне обладнання); зона комплектації та сортування; зона відвантаження (дебаркадери відвантаження); технологічні зони (зарядна станція, зона технічного обслуговування навантажувачів); адміністративно-побутовий блок (офіси, роздягальні, їдальня, санвузли).

Планувальне рішення сучасного ЛЦ зазвичай будується за принципом «throughput flow» (наскрізного потоку) або «U-flow» (U-подібного потоку). При наскрізному потоці зони приймання та відвантаження розміщені на протилежних торцях будівлі, що виключає перетин вхідних і вихідних вантажопотоків. При U-подібному - приймання і відвантаження розташовані на одному фасаді, що зручно при обмеженій довжині ділянки.

Відповідно до ДБН В.2.2-43:2021, у складських приміщеннях допускається розміщення відокремлених одноповерхових приміщень для функцій приймання, сортування та комплектації вантажів. В одноповерхових складських будівлях при підтвердженні несучої здатності допускається використовувати конструкції

стелажів для обпирання покриття та кріплення огорожувальних конструкцій зовнішніх стін. При цьому колони, обрамлення прорізів, опори антресолей та стелажних систем у місцях руху складського транспорту повинні мати маркування безпеки.

Основні параметри проектування, яких вимагає ринок та нормативна база для ЛЦ класу А: висота у чистоті — не менше 10–12 м; крок колон — 12×24 м або 12×18 м; навантаження на підлогу — не менше 5 т/м²; кількість воріт — 1 ворота на 500–1000 м² складської площі; майданчик маневрування для автопоїздів — не менше 33 м від воріт; покриття двору — асфальтобетон або бетон.

1.4 Конструктивні рішення та технології будівництва

Переважним конструктивним рішенням для сучасних логістичних центрів є сталевий каркас з легкими огорожувальними конструкціями (сендвіч-панелі). Такий підхід зумовлений рядом переваг: великі прольоти без проміжних опор (до 60 м і більше), що забезпечує гнучкість планування; висока швидкість монтажу - зведення металевого каркасу великого ЛЦ займає кілька місяців; відносно невелика власна вага конструкцій, що знижує навантаження на фундамент; можливість майбутнього розширення або реконструкції.

Основні типи несучих систем для складських будівель: портална рама, будівля рамно-зв'язкової конструкції (portal frame) — найпоширеніше рішення для прольотів 18–36 м, відрізняється простотою виготовлення і монтажу; ферми покриття (roof trusses) — застосовуються при надвеликих прольотах понад 36–60 м, забезпечують мінімальну будівельну висоту; підкроквяні балки з кроквяними фермами — для багатопрогонових будівель; рамно-зв'язкові системи — при підвищених вимогах до жорсткості.



Рисунок 1.1- Сталева будівля рамно-зв'язкової конструкції на стадії будівництва

Попередньо виготовлені сталеві каркасні системи (Pre-Engineered Buildings, РЕВ) скорочують терміни будівництва на 30–50% порівняно з традиційними методами. Усі компоненти виготовляються на заводі згідно з технічними кресленнями, що забезпечує стабільну якість, а монтаж відбувається практично у будь-яких погодних умовах.



Рисунок 1.2- Швидкокомонтовані будівлі

Огороджувальні конструкції логістичних центрів виконуються, як правило, з тришарових сендвіч-панелей із сталевими обшивками та утеплювачем (мінеральна вата або ППР-піна). Такі панелі відповідають вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо теплотехніки та ДБН В.1.2-7:2021 щодо пожежної безпеки. Для покрівлі

застосовують профільований сталевий настил по прогонах або також сендвіч-панелі, що забезпечує нормований опір теплопередачі.



Рисунок 1.3-Сендвіч панель стінова

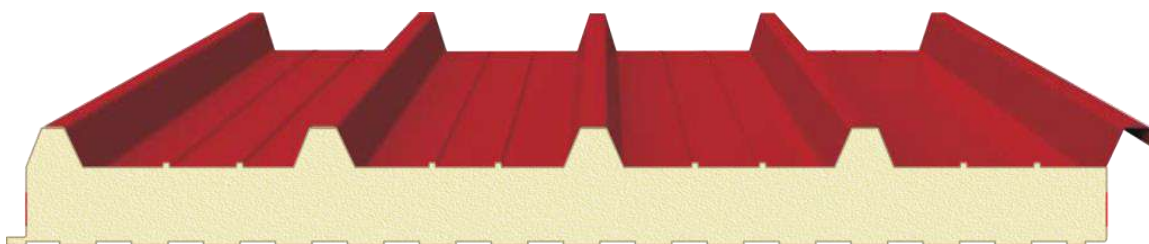


Рисунок 1.4- Сендвіч-панель дахова

Підлога складського приміщення - один із найважливіших елементів ЛЦ. Зазвичай влаштовується бетонна підлога товщиною 200–250 мм (клас бетону не менше С25/30) з армуванням сталевими фіброволокнами або стандартним арматурним каркасом, з топінговим покриттям для підвищення стійкості до стирання. Відхилення площини підлоги від горизонталі нормується залежно від типу складського транспорту (для вузькопрохідних штабелерів — не більше 2 мм на 2 м рейкою).

Фундаменти для сталевих каркасних ЛЦ, як правило, виконуються у вигляді окремо стоячих стовпчастих фундаментів під колони з монолітного залізобетону. При слабких ґрунтах або значних навантаженнях застосовують пальові фундаменти. Конструктивне рішення фундаментів визначається за результатами інженерно-геологічних вишукувань відповідно до ДБН А.2.1-1-2008.

1.5 Досвід проєктування логістичних центрів

В Україні показовим прикладом сучасного логістичного центру є Логістичний центр Roshen у м. Вінниця, реалізований за проєктом архітектурної студії «prototype» спільно з DELTA Gruppe (2023). Проєкт реалізує концепцію конкурсної роботи, поєднуючи функціональну ефективність та архітектурну виразність у промисловому контексті. Фасадне рішення використовує перфоровані металеві обшивки, що надає промислового об'єкту естетичну якість і вписує його в середовище промислової зони. Проєкт було опубліковано на платформі ArchDaily у липні 2025 року.

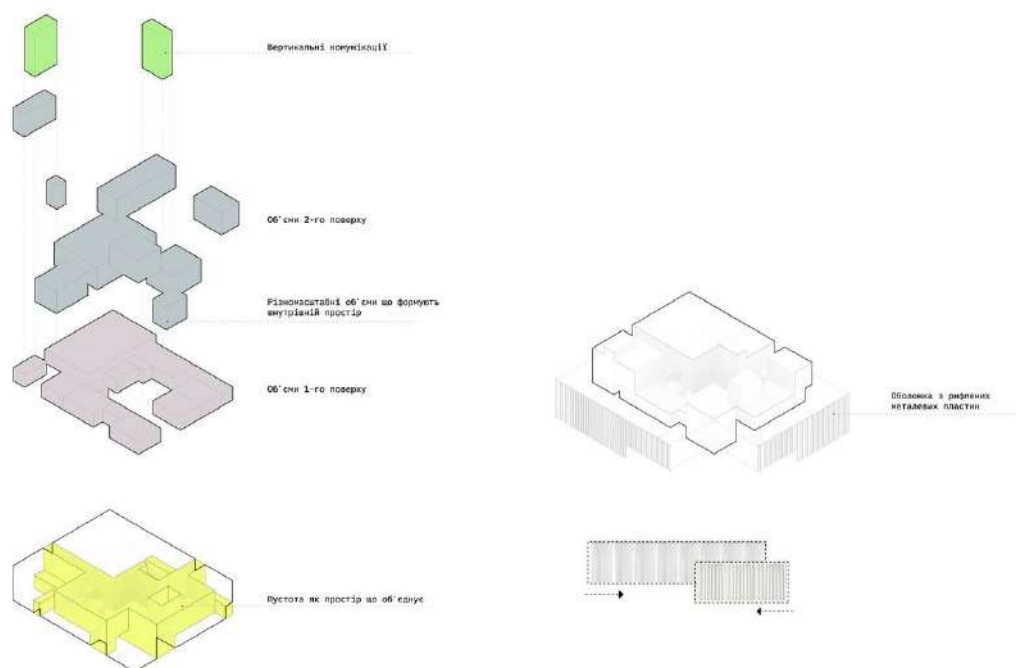


Рисунок 1.5-Логістичний центр Roshen

Серед значущих закордонних прикладів - логістичний комплекс DSV у Стокгольмі (Швеція): інтегрований ЛЦ площею 68 000 м² для складських операцій з виокремленою зоною автоматизованого фулфілменту на основі технології AutoStore (28 000 відсіків) та температурно-контрольованою зоною 12 000 м². Об'єкт отримав сертифікат екологічності DGNB та оснащений системою BMS для автоматичного управління опаленням, охолодженням, вентиляцією та LED-освітленням. Подібні рішення демонструють загальний тренд до екологічної сертифікації та інтелектуального управління інженерними системами

Характерними тенденціями у світовому проєктуванні ЛЦ є: зростання ступеня автоматизації (роботизовані сортувальні системи, AGV, автоматизовані стелажні склади AS/RS); впровадження принципів сталого будівництва (зелені дахи, сонячні панелі, системи рекуперації тепла); підвищення вимог до висоти (12–15 м і більше); мультиповерхові рішення в умовах дорогої землі (наприклад, п'ятиповерховий ЛЦ DSV Pearl в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні — 66 000 м²); зростання вимог до якості виробничого середовища для персоналу (освітленість, вентиляція, соціально-побутові блоки).

Ключовим викликом для України у контексті відновлення є критична нестача якісних складських площ. За даними компанії Mayger, до початку повномасштабного вторгнення в Києві на 1000 мешканців припадало лише 40 м² складських площ, по інших містах — близько 20 м². У Західній Європі рівень насичення ринку складської нерухомості в 15–17 разів вищий. Більшість наявного фонду — це об'єкти радянської доби або переобладнані виробничі приміщення, що не відповідають сучасним стандартам.

1.6 Висновки до розділу 1

За результатами аналізу теоретичної бази, нормативної документації та вітчизняного і закордонного досвіду проєктування логістичних центрів можна зробити такі висновки:

1. Логістичний центр — це багатофункціональний об'єкт, що поєднує складські, сортувальні, розподільчі та адміністративні функції. Залежно від ролі в ланцюгу постачань розрізняють розподільчі центри, фулфілмент-центри, крос-докінгові термінали та темні магазини. Розуміння функціонального типу ЛЦ є визначальним для формування архітектурно-будівельної концепції.

2. Чинна нормативна база України — насамперед ДБН В.2.2-43:2021, ДБН В.2.6-198:2014, ДБН В.1.2-7:2021 — у цілому відповідає вимогам до проектування сучасних ЛЦ і гармонізована з європейськими стандартами (Єврокоди 3, 7). Клас будівлі та технологічний процес є ключовими вихідними даними для формування проєктних рішень.

3. Провідним конструктивним рішенням для сучасних ЛЦ є збірний сталевий каркас (РЕВ або рамний) з огорожуючими конструкціями із сендвіч-панелей. Такий підхід забезпечує великі без'опорні прольоти, мінімальні терміни будівництва та гнучкість планування - ключові вимоги ринку.

4. Функціональна організація простору за принципом наскрізного потоку («throughput flow») є оптимальною для більшості типів ЛЦ, оскільки виключає перетин вхідних і вихідних вантажопотоків і підвищує продуктивність операцій.

5. Вітчизняний та закордонний досвід підтверджує необхідність комплексного підходу до проектування: врахування технологічного процесу, логістичних вимог, параметрів механізації, вимог до пожежної безпеки та енергоефективності. Наведені приклади (Roshen ЛЦ, DSV Стокгольм) демонструють можливість поєднання функціональної ефективності з архітектурною якістю та сталим розвитком.

Результати теоретичного аналізу слугують основою для розроблення архітектурно-планувальних, конструктивних та технологічних рішень у практичній частині кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 2

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

2.1 Дані про район і ділянку будівництва

Майданчик для будівництва логістичного центру розташований у місті Чернігів. Через місто проходять автодороги державного значення, залізнична сполука із великими містами України. Ділянка будівництва знаходиться в промисловій зоні міста, поблизу під'їзних шляхів загального користування. До об'єкта забезпечений зручний під'їзд з боку міської вулично-дорожньої мережі без необхідності руху через житлові квартали. Ділянка розташована на незабудованій, відносно рівній місцевості.

Відстань від майданчика до залізничних вантажних станцій складає орієнтовно 3–5 км, до автомагістралі – близько 2 км. Це визначає зручність транспортного обслуговування логістичного центру вантажним та легковим автотранспортом.

Ділянка площею 4 400 м² вільна від існуючої забудови. Рельєф майданчику – рівний зі слабким поздовжнім ухилом до 0,005. Існуючий рослинний шар підлягає знесенню та рекультивації. Підключення до централізованих інженерних мереж (водопровід, каналізація, газопостачання, електропостачання) можливе від існуючих мереж промислової зони.

2.1.1 Кліматичні умови

м.Чернігів належить до I архітектурно-будівельного кліматичного району України — північно-західного району, що охоплює території Полісся та Лісостепу. Клімат району будівництва — помірно-континентальний, з порівняно холодною зимою, теплим літом та достатнім зволоженням. Проєктні кліматичні показники прийнято відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування», ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» та ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Основні кліматичні характеристики майданчика будівництва наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Кліматичні характеристики майданчика будівництва

№	Показник	Значення
1	Кліматичний район	I, північно-західний
2	Розрахункова зимова температура, найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю 0,92, °C	-23
3	Середня температура опалювального сезону, °C	-0,9
4	Тривалість опалювального сезону, діб	187
5	Середня максимальна температура найжаркішого місяця, °C	+25
6	Середньорічна відносна вологість повітря, %	78
7	Нормативне снігове навантаження, VI сніговий район, кН/м ²	1,8
8	Нормативний вітровий тиск, II вітровий район, кН/м ²	0,41
9	Нормативна глибина промерзання ґрунту, м	1,0
10	Сейсмічна активність	5 балів, низька сейсмічність

2.1.2 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

Інженерно-геологічні умови майданчика будівництва прийнято відповідно до вихідних даних, використаних у розрахунково-конструктивному розділі під час проєктування фундаментів. Майданчик характеризується шаруватою будовою ґрунтової основи з чергуванням піщаних, глинистих та водонасичених ґрунтів.

У верхній частині інженерно-геологічного розрізу залягає крупний пісок середньої щільності потужністю 6,0 м. Нижче розташований твердий суглинок потужністю 2,0 м. Під ним залягає слабкий водонасичений ґрунтовий прошарок потужністю 1,0 м, який не може бути використаний як надійна несуча основа для фундаментів. Нижче залягають гравійні піски середньої щільності: спочатку шар середнього ступеня водонасичення потужністю 1,0 м, а далі — водонасичений гравійний пісок середньої щільності потужністю 9,0 м.

2.2 Генеральний план

Генеральний план розроблено відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова міст, селищ і функціональних територій», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та відповідних санітарних норм і правил.

Будівля логістичного центру розміщена з відступом не менше 6,0 м від червоних ліній вулиць та не менше 10,0 м від меж суміжних ділянок. Орієнтація будівлі – поздовжньою віссю з півночі на південь, що забезпечує рівномірне природне освітлення складських приміщень і мінімізує вплив панівних вітрів (переважно з північно-заходу) на технологічні процеси.

Зона прийому вантажів (навантажувальна рампа) запроектована з північного боку будівлі та забезпечена окремим під'їздом вантажних автомобілів із дороги. Адміністративний вхід для персоналу та відвідувачів розташований з боку головного фасаду (південь), відокремлений від зони руху вантажного транспорту огорожею. Розподіл транспортних потоків підкріплений відповідними знаками і розміткою.

Зелені насадження у вигляді листяних дерев (береза, клен, ясен) і кущів передбачені вздовж периметру ділянки, між стоянками та у відступах від будівлі. Збереження природного рельєфу ділянки максимальне – уклони вимощення у межах 0,003–0,005.

2.2.1 Розрахунок кількості майданчиків та автостоянок для постійного та тимчасового зберігання автомобілів

Розрахунок кількості машиномісць для постійного зберігання автомобілів виконано згідно з ДБН Б.2.2-12:2019, додаток Б, для об'єктів виробничо-складського призначення:

$$n_{\text{оф}} = F_{\text{оф}} / 50 = 168 / 50 \approx 4 \text{ місця}$$

$$n_{\text{скл}} = F_{\text{скл}} / 300 = 672 / 300 \approx 3 \text{ місця},$$

де $F_{\text{оф}}$ – площа офісно-побутової зони, м²;

$F_{\text{скл}}$ – площа складської зони, м^2 .

Додатково передбачено 5 машиномісць для відвідувачів та 3 резервних. Разом для легкових автомобілів: $4 + 3 + 5 + 3 = 15$ місць. З числа загальних машиномісць виділяється 1 місце для транспортних засобів МГН шириною 3,5 м (ДБН В.2.2-40:2018). Для стоянки вантажного автотранспорту передбачено 3 пости одночасного обслуговування з рампою висотою 1,2 м та нівелюючими мостиками. Маневрова зона вантажних автомобілів – 18,0 м (достатня для розвороту напівпричепів).

Відомість транспортних місць наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Відомість транспортних місць

№	Вид паркування	Кількість місць
1	Легкові автомобілі персоналу (офіс + склад)	7
2	Легкові автомобілі для відвідувачів	5
3	Резервні машиномісця	3
	у тому числі для МГН (включено до загальної кількості)	1
4	Пости завантаження–розвантаження (вантажні автомобілі)	3
	РАЗОМ машиномісць для легкових автомобілів	15

2.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

Ділянка площею 4 400 м^2 (80,0×55,0 м) забудована будівлею 36,0×28,0 м (1 008 м^2), що становить 22,9 % площі. Зона стоянок і під'їздів – 2 732 м^2 , зелені насадження – 660 м^2 .

Покриття проїздів та автостоянок – асфальтобетон II марки по щебеневій основі 250 мм; пішохідні доріжки – тротуарна плитка 60 мм на піщаній підготовці. Периметр огорожується металевим парканом висотою 2,0 м із в'їзними воротами шириною 6,0 м для вантажного транспорту та хвірткою для персоналу.

Відмітка підлоги першого поверху ($\pm 0,000$) прийнята на позначці 157,700 м у Балтійській системі висот, що відповідає рівню рампи та виключає затоплення будівлі поверхневими водами. Уклони вимощення 0,003–0,005 забезпечують відведення дощових і талих вод у приймальні колодязі дощової каналізації.

2.2.3 Техніко-економічні показники по генплану

Таблиця 2.3 - Техніко-економічні показники по генплану

№	Показник	Од. вим.	Значення
1	Площа ділянки	м ²	4 400,0
2	Площа забудови	м ²	1 008,0
3	Коефіцієнт забудови	%	22,9
4	Площа зелених насаджень	м ²	660,0
5	Коефіцієнт озеленення	%	15,0
6	Площа твердих покриттів (стоянки, проїзди, пішохідні доріжки)	м ²	2 732,0
7	Кількість машиномісць для легкових автомобілів	од.	15
8	Кількість постів завантаження/розвантаження	од.	3

2.3 Характеристика технологічного чи функціонального процесу

Логістичний центр призначений для здійснення повного циклу логістичних операцій: приймання, зберігання, сортування, комплектування та відвантаження товарів різних товарних груп. Основний технологічний процес:

- приймання і ідентифікація вантажів: розвантаження з вантажних автомобілів через рампу, перевірка відповідності, облік у WMS-системі;
- транспортування у зону зберігання складською технікою (вилочні навантажувачі, гідравлічні ричажні візки);
- зберігання на стелажевому обладнанні висотою до 6,0 м (до 5–6 рівнів паллет);
- комплектування замовлень і пакування у зоні пікінгу;
- відвантаження готових замовлень через навантажувальну зону.

Технологічна схема передбачає наскрізний рух товаропотоків: зона приймання (північ) → зберігання (центр) → відвантаження (південь). Це виключає зустрічні потоки вантажів і підвищує пропускну здатність. Ширина міжстелажних проходів – не менше 3,5 м для руху навантажувачів. Мінімальна вільна висота у зоні зберігання – 7,5 м.

2.4 Архітектурно-планувальні рішення

Будівля логістичного центру запроектована зі змінною поверховістю-1-2 - поверхові, прямокутної форми в плані розмірами 36,0×28,0 м. Загальна площа становить 1 008 м². Чиста висота до низу несучих конструкцій покрівлі – 8,6 м. Висота поверху — 3600 мм для осей 7-10 .

Функціональне зонування будівлі:

- Площа основної складської частини – 858,66 м.кв.
- зона приймання товарів (північна торцева частина, 6,0×28,0 м = 168 м²): 3 пости розвантаження з рампою, зона контролю вхідного товару, технічне приміщення, санвузол для водіїв;
- зона зберігання та логістики (центральна частина, 24,0×28,0 м = 672 м²): основний складський простір відкритого планування для стелажевого обладнання та складської техніки;
- адміністративно-побутова зона (південна торцева частина, 6,0×28,0 м = 168 м²): офіс оператора та керівника (48 м²), кімната відпочинку персоналу (24 м²), санвузли (24 м²), роздягальні (24 м²), технічне приміщення (48 м²).

Вхід для персоналу та відвідувачів розташований у південній частині через тамбур 3,0×2,4 м. Передбачено два евакуаційні виходи: через тамбур у адміністративній зоні та через ворота у зоні приймання. Відстань між виходами не перевищує 40,0 м (ДБН В.1.1-7:2016).

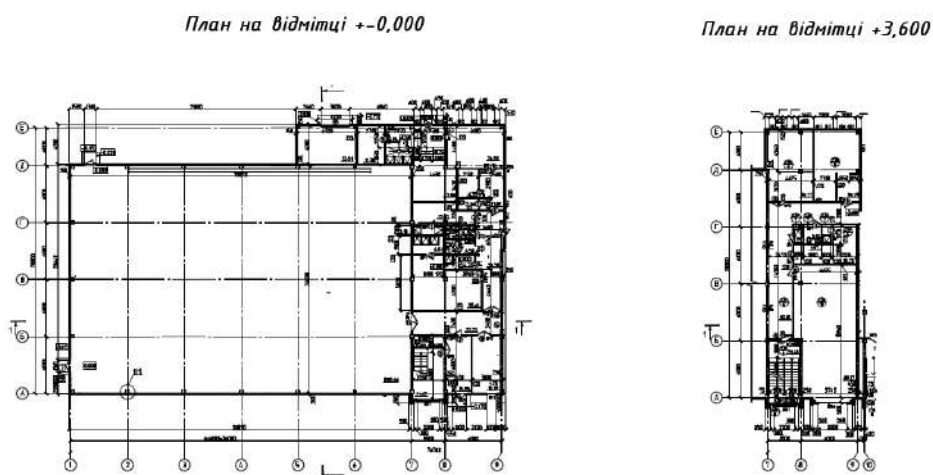


Рисунок 2.1- Поверхові плани логістичного центру

Техніко-економічні показники будівлі наведено в таблиці 2.4.

2.5 Техніко-економічні показники

Таблиця 2.4 - Техніко-економічні показники будівлі

Найменування показників	Кількість	Одиниця виміру
Поверховість	1–2	поверх
Площа забудови	1008,0	м ²
Загальна площа	1353,0	м ²
Об'єм будівництва	8920.8	м ³

2.6 Енергоефективність

2.6.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності

Проектні рішення спрямовані на мінімізацію питомих витрат теплової та електричної енергії відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Передбачено такі основні заходи:

- сендвіч-панелі з мінераловатним утеплювачем (стіни 150 мм, покрівля 200 мм), що забезпечують термічний опір вище мінімально допустимого рівня за нормами;

- металопластикові вікна з двокамерним склопакетом, що знижують тепловтрати через прозорі огороження порівняно зі стандартним одинарним склінням;

- LED-освітлення з датчиками природного освітлення та датчиками присутності (економія ≥ 40 % порівняно з люмінесцентним освітленням);

- механічна вентиляція з пластинчастим рекуператором тепла (ефективність рекуперації ≥ 75 %);

- автоматизована система управління будівлею (BMS) для контролю мікроклімату, освітлення та споживання енергоресурсів.

Сукупність вжитих заходів дозволяє досягти класу енергоефективності «С» для промислово-логістичної будівлі (ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015).

2.6.2 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій

Теплотехнічний розрахунок виконано відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ-Н Б В.2.6-189:2013. Вихідні дані для розрахунку:

– розрахункова температура внутрішнього повітря: $t_{\text{вн}} = +16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (опалюваний склад); ϕ

– розрахункова температура зовнішнього повітря: $t_{\text{зов}} = -21\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні: $\alpha_{\text{вн}} = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

– коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні: $\alpha_{\text{зов}} = 23\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

– умови вологості приміщення: нормальні (умова Б).

Приведений термічний опір огороження R_0 визначається за формулою:

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{вн}} + \sum (\delta_i / \lambda_i) + 1/\alpha_{\text{зов}}$$

де δ_i – товщина i -го шару огороження, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (сендвіч-панель завтовшки 150 мм, мінеральна вата $\lambda = 0,044\text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$) наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Шар / складова	δ , м	λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	R_i , $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
Термічний опір внутрішньої поверхні $1/\alpha_{\text{вн}} = 1/8,7$	–	–	0,115
Внутрішній сталевий лист (оцинкована сталь)	0,0005	58,0	0,000
Утеплювач – мінеральна вата	0,149	0,044	3,386
Зовнішній сталевий лист з полімерним покриттям	0,0005	58,0	0,000
Термічний опір зовнішньої поверхні $1/\alpha_{\text{зов}} = 1/23$	–	–	0,043
РАЗОМ: R_0	–	–	3,544

Мінімально допустимий термічний опір зовнішніх стін для будівель промислового та сільськогосподарського призначення $R_{q,\text{min}}$ для I температурної зони $R_{q,\text{min}} = 2,2\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Перевірка умови: $R_0 = 3,544\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} > R_{q,\text{min}} = 2,20\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ – умова виконана.

Теплотехнічний розрахунок покрівлі (сандвіч-панель завтовшки 200 мм, мінеральна вата $\lambda = 0,044 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$) наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Теплотехнічний розрахунок покрівлі

Шар / складова	δ , м	λ , Вт/(м·°C)	R_i , м²·°C/Вт
Термічний опір внутрішньої поверхні $1/\alpha_{вн} = 1/8,7$	—	—	0,115
Внутрішній сталевий лист (оцинкована сталь)	0,0005	58,0	0,000
Утеплювач – мінеральна вата	0,199	0,044	4,523
Зовнішній сталевий лист з полімерним покриттям	0,0005	58,0	0,000
Термічний опір зовнішньої поверхні $1/\alpha_{зов} = 1/23$	—	—	0,043
РАЗОМ: R_0	—	—	4,681

$R_{q,min} = 4,50 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$. Перевірка умови: $R_0 = 4,681 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт} > R_{q,min} = 4,50 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ – умова виконана.

2.7 Конструктивні рішення

Конструктивна система будівлі – сталевий каркас. Несучу основу становлять сталеві колони у сітці 6,0×6,0 м із кроквяними фермами покрівлі. Просторова жорсткість будівлі забезпечується вертикальними хрестовими в'язями між колонами та горизонтальними в'язями у площині покрівлі.

За відносну відмітку 0,000 прийнято відмітку чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній відмітці на місцевості (+157,95).

Характеристика основних елементів будівлі:

Фундаменти — стовпчасті залізобетонні, монолітні на пальовій основі. Палі забивні залізобетонні перерізом 300×300 мм. Несучий ґрунт основи — гравійний пісок середньої щільності. Розміри підшви фундаментів визначені з умови $P \leq R_0 = 0,20 \text{ МПа}$ та наведені в розрахунково-конструктивному розділі.

Колони – сталеві двотаврові перерізу НЕВ 300 (ДСТУ EN 10025:2007). Висота колон від бази до верху – 8,6 м. Бази колон – відкритого типу з опорними

пластинами та анкерними болтами М36. Болти замоноличуються в фундаментах.

Кроквяні конструкції – сталеві двосхилі ферми прольотом (висота ферми у коньку 2,4 м). Ферми встановлюються з кроком 6,0 м по осях колон. По верхніх поясах ферм укладаються прогони із оцинкованого С-профілю 200С з кроком 1,5 м, на які обпираються покрівельні сендвіч-панелі. Покрівля будівлі — поєднана із зовнішнім організованим водостоком.

Зовнішні стіни — сендвіч-панелі стінового типу завтовшки 150 мм (утеплювач – мінеральна вата щільністю $\geq 100 \text{ кг/м}^3$) на допоміжному каркасі з оцинкованих Z-прогонів 200Z, кріплення до сталевих стійок по колонах. Монтаж панелей вертикальний; з'єднання між панелями через замкові елементи; зовнішні шви герметизуються ПУ-герметиком.

Перегородки в офісній зоні – каркасно-гіпсокартонні системи (тип Кнауф або аналог) завтовшки 100 мм з мінераловатним звукоізоляційним заповненням 50 мм. Перегородки між офісною та складською зонами мають вогнестійкість EI 30 (ДБН В.1.1-7:2016).

Перекриття — монолітні залізобетонні;

Перемички — металеві.

Підлога складу – монолітна залізобетонна плита С20/25 завтовшки 150 мм, армована зварною сіткою Ø8 А240С кроком 200×200 мм, по ущільненій щебеневій підготовці 200 мм і гідроізоляційній плівці 0,3 мм. Деформаційні шви нарізаються після набору бетоном міцності та герметизуються поліуретановим компаундом.

2.8 Опорядження будинку

Зовнішнє та внутрішнє опорядження будівлі підібране з урахуванням промислово-логістичного характеру об'єкта, кліматичних умов регіону та вимог до довговічності і пожежної безпеки.

Зовнішні стіни виконуються зі сталевих сендвіч-панелей промислового типу. Зовнішнє полімерне покриття – поліестер, стійкий до ультрафіолету і корозії. Колір зовнішнього шару: основний тон – темно-сірий RAL 7024, технологічний пояс

рампи – білий RAL 9002. Цокольна зона на висоту 0,5 м від рівня землі виконується з фіброцементних плит для захисту від механічних пошкоджень складською технікою.

Покрівля – сталеві покрівельні сендвіч-панелі завтовшки 200 мм з полімерним покриттям кольору RAL 7024. Нахил 3 % у напрямку поздовжніх стін забезпечує відведення опадів. Водостічні жолоби та труби Ø150 мм – оцинкована сталь.

Підлога складу та зони приймання – промислова монолітна залізобетонна стяжка C20/25 завтовшки 150 мм на щебеневій підготовці 200 мм. Поверхня зміцнюється кварцовим топпінгом (витрата 5–8 кг/м²) та вкривається двокомпонентним епоксидним покриттям. Несуча здатність підлоги – до 50 кН/м². У підлозі нарізаються деформаційні шви з кроком 6–8 м із герметизацією поліуретановим герметиком.

Підлога офісної зони та коридорів – керамогранітна плитка 600×600 мм по цементній стяжці; санвузли – керамічна плитка 300×300 мм; кімната відпочинку – ламінат 33 класу.

Стіни та стелі в адміністративній зоні: поверхні гіпсокартонних перегородок шпаклюються та фарбуються водоемульсійними фарбами у 2 шари. Стелі – підвісні з металевих касетних плит Armstrong 600×600 мм на металевому підвісному каркасі, висота стелі в офісних приміщеннях – 3,0 м.

Вікна – металопластикові ПВХ із двокамерним склопакетом 4-16-4 мм і армованим профілем. Стрічкові вікна в офісній зоні, поодинокі вікна у верхній частині стін складу для природного освітлення. Вхідні двері для персоналу – алюмінієві одностулкові з тепловим захистом, ширина у чистоті 0,9 м. Вантажні ворота – автоматичні секційні сталеві 4 000×4 200 мм з електроприводом і ручним резервним керуванням (3 шт.).

2.9 Інженерні мережі і обладнання

Опалення. У складській зоні – повітряне опалення від стельових газових теплогенераторів прямого горіння (тип Rapid або аналог), що встановлюються на

рівні 4,0–5,0 м. В офісній зоні – двотрубна водяна система опалення від настінного газового котла потужністю 30 кВт із сталевими радіаторами. Розрахункова температура: склад +16 °С, офіс +20 °С.

Вентиляція. Склад – механічна припливно-витяжна система (ПВУ) з пластинчастим рекуператором тепла (ефективність $\geq 75\%$), кратність повітрообміну $\geq 3 \text{ год}^{-1}$. Офіс – централізована ПВУ із кондиціонуванням (VRF-система), розводка повітропроводів у підвісній стелі. Повітрозабірники та вихлопи – над рівнем покрівлі, у зоні «чистого» повітря.

Водопостачання та каналізація. Холодне водопостачання – від зовнішньої міської мережі, ввід трубою HDPE Ø63 мм із засувкою та лічильником. Гаряче водопостачання – від ємнісного водонагрівача 200 л. Побутова каналізація – самотісна труби ПВХ Ø110 мм, випуск у міський каналізаційний колектор. Дощова каналізація – зовнішня, зі збором з покрівлі через жолоби Ø150 мм у дощоприймальні колодязі.

Електропостачання. Категорія надійності – II. Напруга – 0,4 кВ, 3-фазне, 5-провідне TN-S. Підключення від існуючої ТП промзони. Розрахункова потужність $\sim 120 \text{ кВА}$. Внутрішня розводка – кабель ВВГнг-LS у металорукаві та кабельних лотках. Освітленість: склад – 200 лк (LED-світильники IP65), офіс – 500 лк (LED-панелі).

Пожежна безпека. Категорія будівлі за пожежною небезпекою – В (НАПБ Б.07.005-86). Автоматичне водяне пожежогасіння – спринклерна система (мокра труба, ДСТУ EN 12845:2014), зрошувачі у сітці 3,0×3,0 м, пожежний резервуар 30 м³. Автоматична пожежна сигналізація (АПС) – адресна, датчики диму ІПД та ручні пожежні сповіщувачі. Евакуаційне освітлення – автономні акумуляторні аварійні світильники, покажчики «Вихід» (ДСТУ EN 1838:2003).

Слабкострумові системи. Структурована кабельна мережа для локальної мережі та IP-телефонії. CCTV – 8 IP-камер (зовнішні та внутрішні) з сервером запису на 30 діб. СКУД – прохідна з картками-пропусками. Охоронна сигналізація – периметральна та зонально-об'ємна.

2.10 Доступність для маломобільних груп населення (МГН)

Проектні рішення щодо доступності розроблено відповідно до ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення».

На автостоянці передбачено одне спеціалізоване машиномісце для автомобілів МГН шириною 3,5 м і довжиною 6,0 м, розміщене у безпосередній близькості від головного входу (не далі 50 м). Місце позначається дорожнім знаком та горизонтальною розміткою «Знак доступності».

Від машиномісця МГН до входу прокладено безперешкодний шлях шириною не менше 1,8 м з тактильними попереджувальними плитами у зонах перетину з проїзною частиною. Пандус при вході: ухил 1:12 (8,3 %), ширина 1,5 м, поручні з двох боків висотою 0,7 м та 0,9 м, поверхня – нековзне асфальтобетонне покриття. Тамбур входу – 1,5×1,5 м (радіус повороту крісла-коляски $\geq 1,5$ м).

Ширина вхідних та внутрішніх дверей у чистоті – не менше 0,9 м. Пороги – відсутні або не перевищують 0,025 м.

В адміністративно-побутовій зоні обладнано санвузол для МГН: розмір кабіни $\geq 1,75 \times 1,80$ м, унітаз із бічним підходом із поручнями поворотного типу, умивальник на висоті 0,80 м без тумби, дзеркало нахилене під кутом, підлога – керамічна плитка R10.

Усі інформаційні показники (маршрути евакуації, позначення приміщень) виконано з урахуванням вимог до контрасту, розміру шрифту та тактильних позначень для людей із порушенням зору (ДБН В.2.2-40:2018).

2.11 Висновки за розділом 2

В архітектурно-будівельному розділі проаналізовано район і ділянку будівництва логістичного центру в місті Чернігів, наведено кліматичні та інженерно-геологічні умови, розроблено генеральний план і функціональне зонування території. Розміщення будівлі в промисловій зоні міста з доступом до транспортних шляхів забезпечує зручне обслуговування вантажним і легковим транспортом.

Архітектурно-планувальні рішення передбачають поділ будівлі на зони приймання, зберігання, комплектування/логістики та адміністративно-побутовий блок. Запропоноване рішення забезпечує наскрізну організацію товаропотоків, мінімізує перетин вантажних і пішохідних маршрутів та підвищує ефективність експлуатації об'єкта. Огороджувальні конструкції прийнято з утеплених сендвіч-панелей, що відповідає вимогам енергоефективності для промислово-складських будівель.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Компонування конструктивної схеми каркаса будівлі

3.1.1 Конструктивне рішення каркаса

Каркас будівлі складається з колон суцільного перерізу, балок покрівлі, балок перекриття та кроквяних ферм. Будівля в плані прямокутна, розміри в плані становлять 28х36. Покрівля з прогонами зі швелерів 24 П. У якості покрівельних огорожувальних конструкцій обрано профлист, а у якості стінових огорожувальних конструкцій — стінові сендвіч-панелі.

У осях 1–7, А–Д основною несучою конструкцією покрівлі є сталева трапецієподібна ферма прольотом 24 м. Решітка — трикутна з додатковими стійками. Перетин елементів ферми — складений тавровий із куточків.

У осях 7–9 покриття балкового типу. На основні несучі балки прольотом 6 і 3 м спираються прогони. Геометрично незмінний диск покриття утворюється шляхом створення зв'язкових блоків, які влаштовують у торцях будівлі. Також в структурі каркасу розставлено зв'язки.

Поперечний переріз елементів каркаса: балки перекриття та покрівлі — сталеві гарячекатані двотаври 35Ш1 та 25Б2; колони металеві суцільного перерізу з двотаврових профілів 30К4 та 30К1. Горизонтальні, вертикальні зв'язки, зв'язки по колонах виконані з двох сталевих гарячекатаних кутників. Конструкції каркаса виконані зі сталі С255, за винятком зв'язків і прогонів. Для них прийнята сталь С245.

3.1.2 Розташування основних несучих конструкцій будівлі

Крок колон у поздовжньому напрямку становить у осях 1-7, 8-9, 6 метрів; у осях 7-8 -3,5 м.

Прольоти для осей 1–7: в осях А–Д — 24 м; в осях Д–Е — 4 м; для осей 7–9: в осях А–Д по 6 м, в осях Д–Е — 4 м.

Прив'язка зовнішньої грані колони крайнього ряду до поздовжньої осі будівлі для осі 1 дорівнює нулю, а для осі 9 становить 150 мм.

3.1.3 Основні розміри поперечника в осях

3.1.3.1 Вертикальні розміри

Корисна висота (відстань від рівня чистої підлоги до низу покриття) становить: по осях 1-7-+11,600м (1 частина); по осях 7-9- змінна: по осі А - +7,360 м та осі В - +8,860 м (2 частина).

3.1.3.2 Горизонтальні розміри

Розміри будівлі по осях А - Д - 24 м, по осях 1-7-36 м (1 частина); по осях 7-9-9,5м, по осях А - Е -28м м (2 частина).

3.1.4 Забезпечення незмінності просторової системи каркаса (зв'язків)

Компонування конструктивної схеми каркаса включає розміщення зв'язків по покриттю будівлі та між колонами. Вони призначені для створення геометричної незмінності просторової конструкції каркаса; зменшення розрахункових довжин елементів конструкцій; сприйняття вітрових навантажень; забезпечення просторової роботи каркаса та проєктного положення елементів каркаса в процесі монтажу та експлуатації.

Під час проєктування покрівлі були передбачені горизонтальні зв'язки в площині верхніх і нижніх поясів кроквяних ферм та вертикальні зв'язки між кроквяними фермами. По верхньому поясу кроквяної ферми в осях 1-2, 6-7 виконано хрестоподібні поперечні горизонтальні зв'язки. По нижніх поясах (в осях 1-7, А-Д) передбачено поперечні горизонтальні зв'язки, а також розтяжки.

Зв'язки між колонами необхідні для створення поздовжньої жорсткості каркаса, необхідної для його нормальної експлуатації, забезпечення стійкості колон та для сприйняття вітрового навантаження, що діє на торцеві стіни будівлі. Вертикальні зв'язки між колонами передбачені в осях 1-2, 6-7.

3.2 Розрахунок прогону П1

3.2.1 Вихідні дані

Прогони по покриттю — прокатні, зі швелерів за ДСТУ EN 10079:2018

Проліт $l_{\text{пр}} = 6,0 \text{ м}$;

Крок прогонів $b = 1,5 \text{ м}$;

Ухил покрівлі $1:13(5^\circ)$;

Матеріал прогону — сталь С245;

розрахункові характеристики сталі С245 [ДБН В.2.6-198:2014]:

$R_y = 240 \text{ Н/мм}^2$ при товщині прокату від 2 до 20 мм включно,

$R_{\text{un}} = 370 \text{ Н/мм}^2$,

$R_s = 0,58 \cdot 260 = 139,2 \text{ Н/мм}^2$,

$R_p = 361 \text{ Н/мм}^2$

Вертикальний граничний прогин прогону $f_u = l_{\text{пр}} / 200$.

Розрахунок прогону виконаємо на навантаження від ваги покрівлі, власної ваги прогону та снігу. Оскільки ухил покрівлі $\alpha = 5^\circ \leq 20^\circ$, то навантаження від вітру діє знизу вгору, розвантажуючи прогони, і, відповідно, не враховується. Сума навантажень від покрівлі на прогін наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Сума навантажень від покрівлі

Елементи покриття	Нормативне навантаження, кН/м^2	γ_{fi}	Розрахункове навантаження, кН/м^2
Мембрана ПВХ 1,2 мм	0,015	1,3	0,02
Утеплювач мінераловатний— 40 мм	0,071	1,3	0,092
Утеплювач мінераловатний — 150 мм	0,147	1,3	0,191
Пароізоляційна плівка	0,001	1,3	0,001
Профлист Т60-53L-916	0,123	1,05	0,129
РАЗОМ	0,357		0,433

3.2.2 Постійне навантаження

Постійне нормативне вертикальне навантаження на прогін

$$q_n = \frac{q_n}{\cos \alpha} b + q_p = 0,357 \cdot 1,5 + 0,24 = \frac{0,78 \text{кН}}{\text{м}}, \quad (3.1)$$

Де $q_p=0,24$ кН — вага одного метра прогону для швелера 24П ;

$q_n=0,357$ кН/м² - нормативне навантаження від ваги 1м² покрівлі;

$b=1,5$ м - крок прогонів;

$\alpha=5^\circ$ - кут нахилу покрівлі до горизонту (при ухилі покрівлі $\leq 1/8$ можна прийняти $\cos \alpha=1$);

Розрахункове постійне навантаження на прогін

$$q = \sum q_{ni} \cdot \gamma_{fi} = \frac{q}{\cos \alpha} b + q_p \cdot \gamma_f \quad (3.2)$$

$$q = 0,433 \cdot 1,5 + 0,24 \cdot 1,05 = 0,9 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Де $q=0,433$ кН/м² — розрахункове нормативне навантаження від ваги 1м² покрівлі;

$\gamma_f=1,05$ - коефіцієнт надійності за навантаженням для власної ваги прогону.

3.2.3 Снігове навантаження

Для двосхилого покриття при нахилі покрівлі менше 25° коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття знаходимо за формулою

$$S_p = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g \cdot b \quad (3.3)$$

Де $c_e=0,85$ — коефіцієнт, що враховує знесення снігу;

$c_t=1$ - термічний коефіцієнт;

$\mu=1$ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття;

$S_g=1,8$ - вага снігового покриву на 1м^2 поверхні для 6 снігового району (м.Чернігів).

Нормативне снігове навантаження розраховується за формулою

$$S_0 = 0,7 \cdot S_p = 0,7 \cdot 2,3 = 1,61 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad (3.4)$$

Визначаємо сумарне лінійне вертикальне навантаження на прогін при кроці прогонів $b=1,5\text{м}$:

нормативне навантаження

$$q_{\text{нзаг}} = q_n + S_0 \quad (3.5)$$

$$q_{\text{нзаг}} = 0,78 + 1,61 = 2,39 \text{ кН/м};$$

Розрахункове навантаження

$$q_{\text{заг}} = q + S \quad (3.6)$$

$$q_{\text{заг}} = 0,9 + 2,3 = 3,2 \text{ кН/м}.$$

3.2.4 Статичний розрахунок прогону

Оскільки покрівельний настил кріпиться до прогонів жорстко і утворює суцільне полотнище (профільований настил, прикріплений до прогонів самонарізними болтами), то похила складова сприйматиметься самим полотнищем покрівлі. У цьому випадку необхідність у тягах відпадає, і прогони можна розраховувати лише на навантаження q_x . Схема роботи прогону представлена на рисунку 3.1.

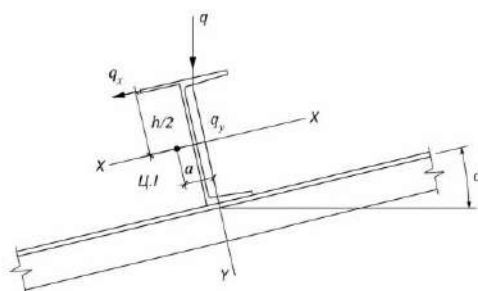


Рисунок 3.1 - Схема роботи прогону

Розрахункова схема прогону представлена на рисунку 3.2

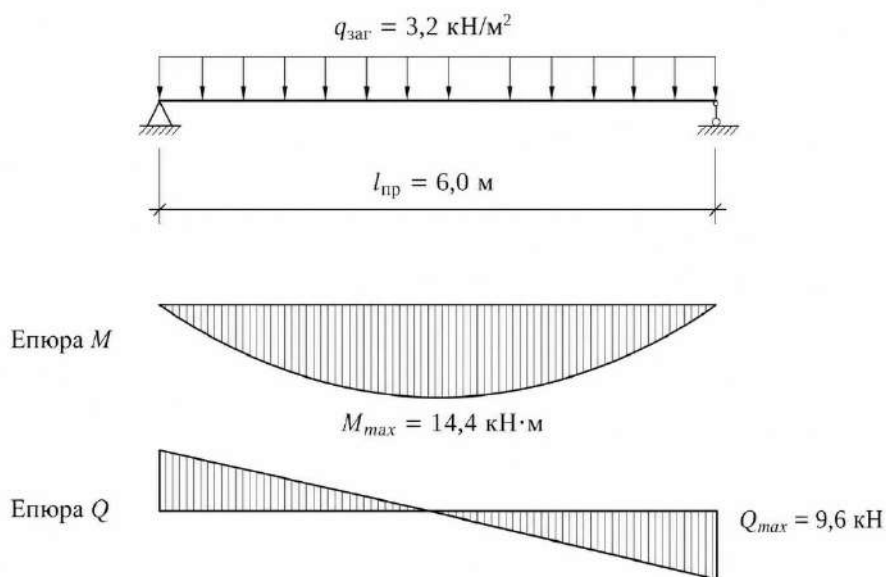


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема прогону

$M_{n,\text{max}}$ визначаємо за формулою

$$M_{n,\text{max}} = \frac{q_{n,\text{заг}} \cdot l_{\text{пр}}^2}{8} \quad (3.7)$$

$$M_{n,\text{max}} = \frac{2,39 \cdot 6^2}{8} = 10,76 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{max}} \text{ визначаємо за формулою } M_{\text{max}} = \frac{q_{\text{заг}} \cdot l_{\text{пр}}^2}{8} = \frac{3,2 \cdot 6^2}{8} = 14,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Q_{max} визначаємо за формулою

$$Q_{\text{max}} = \frac{q_{\text{заг}} \cdot l_{\text{пр}}}{2} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{max}} = 9,6 \text{ кН}.$$

3.2.5 Конструктивний розрахунок прогону

Приймаємо прогін із швелера 24 П за проектом-аналогом і перевіряємо його несучу здатність.

Геометричні характеристики [24П :

$W_{xn}=243\text{см}^3$; $I_x=2910\text{ см}^4$; $S_x=139\text{ см}^3$; $h=240\text{мм}$; $b_f=90\text{мм}$;

$t_f=10\text{ мм}$; $t_w=5,6\text{мм}$; $m_{пр}=24\text{кг/м}$

Визначаємо міцність прогону

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{xn}} \quad (3.9)$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_w} \quad (3.10)$$

$$\sigma = \frac{14,4 \cdot 10^3}{243 \cdot 10^{-6}} = \frac{59,26\text{Н}}{\text{мм}^2} < R_y \cdot \gamma_c = \frac{240\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau = \frac{9,6 \cdot 10^3 \cdot 139 \cdot 10^3}{2910 \cdot 10^4 \cdot 5,6} = 8,19 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < R_s \cdot \gamma_c = 139,2 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Умова виконується, міцність прогону забезпечена.

Загальна стійкість прогону забезпечена профільованим настилом, прикріпленим до прогонів самонарізними болтами.

Місцева стійкість елементів прокатних швелерів не перевіряється, оскільки вона забезпечена співвідношенням їх розмірів, визначеним з урахуванням стійкості конструкції при різних напружених станах.

Прогин прогону перевіряємо під дією складової нормативного навантаження, спрямованої перпендикулярно площині ската.

$$f = \frac{M_{n,\max} \cdot l^2}{10 \cdot E \cdot I_x} \quad (3.11)$$

$$f = \frac{10,76 \cdot 600^2 \cdot 10^2}{10 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 10^{-12} 2910} = 0,65 \text{ см} < f_u = \frac{l}{200} = 3 \text{ см}$$

Умова виконується, жорсткість прогону забезпечена.

розподілене постійне та снігове навантаження. Отримані результати зусиль наведено на рисунку 3.4 та в таблиці 3.2.

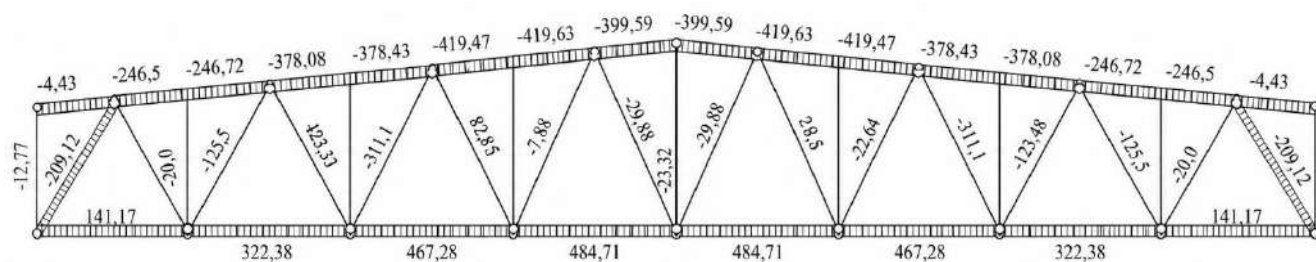


Рисунок 3.4 - Зусилля в кроквяній фермі від постійного та снігового навантажень

Таблиця 3.2 - Зусилля в стрижнях кроквяної ферми

Елемент ферми	Стрижень	Розрахункові зусилля, кН	
		Розтягнення (+)	Стискання (-)
1	2	3	4
Верхній пояс	10–11, 25–26	-	-4,43
	11–12, 24–25	-	-246,5
	12–13, 23–24	-	-246,72
	13–14, 22–23	-	-378,08
	14–15, 21–22	-	-378,43
	15–16, 20–21	-	-419,47
	16–17, 19–20	-	-419,63
	17–18, 18–19	-	-399,59
Нижній пояс	1–2, 8–9	141,17	-
	2–3, 7–8	323,38	-
	3–4, 6–7	405,28	-
	4–5, 5–6	412,7	-
Косі	1–11, 9–25	-	-209,12
	2–11, 8–25	156,8	-
	2–13, 8–23	-	-125,5
	3–13, 7–23	84,06	-
	3–15, 7–21	-	-51,11
	4–15, 6–21	20,19	-
	4–17, 6–19	7,88	-
	5–17, 5–19	-	-29,88
Стійки	1–10, 9–26	-	-12,77
	2–12, 8–24	-	-20,0
	3–14, 7–22	-	-23,48
	4–16, 6–20	-	-22,64
	5–18	51,32	-

Виходячи з отриманих зусиль за допомогою програмного комплексу SCAD були підібрані перерізи елементів ферми, представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результат підбору перерізів за допомогою програмного комплексу SCAD

Елемент ферми	Стрижень	Результат підбору
1	2	3
Верхній пояс	10-11, 25-26	Нерівнополочний кутник 2L140x90x8
	11-12, 24-25	Нерівнополочний кутник 2L140x90x8
	12-13, 23-24	Нерівнополочний кутник 2L140x90x8
	13-14, 22-23	Нерівнополочний кутник 2L140x90x8
	14-15, 21-22	Нерівнополочний кутник 2 L140 × 90 × 8
	15-16, 20-21	Нерівнополочний кутник 2 L140 × 90 × 8
	16-17, 19-20	Нерівнополочний кутник 2L140x90x8
	17-18, 18-19	Кутник нерівнополочний 2L140x90x8
Нижній пояс	1-2, 8-9	Кутник рівнополочний з 2L100x7
	2-3, 7-8	Кутник рівнополочний з 2L100x7
	3-4, 6-7	Кутник рівнополочний з 2L100x7
	4-5, 5-6	Кутник рівнополочний з 2L100x7
Похили	1-11, 9-25	Рівнополочний кутник за с2L90x6
	2-11, 8-25	Кутник рівнополочний 2L75x6
	2-13, 8-23	Кутник рівнополочний 2L75x6
	3-13, 7-23	Кутник рівнополочний 2L75x6
	3-15, 7-21	Кутник рівнополочний 2L75x6
	4-15, 6-21	Кутник рівнополочний 2L75x6
	4-17, 6-19	Кутник рівнополочний 2L75x6
	5-17, 5-19	Кутник рівнополочний 2L75x6
Стійки	1-10, 9-26	Двотавр колонний 20K2
	2-12, 8-24	Кутник рівнополочний 2L63x5
	3-14, 7-22	Кутник рівнополочний 2L63x5
	4-16, 6-20	Кутник рівнополочний 2L63x5
	5-18	Кутник рівнополочний 2L75x5

3.3.2 Розрахунок і конструювання вузлів кроквяної ферми

Розрахунок вузлів кроквяної ферми полягає у визначенні розмірів зварних швів, необхідних для кріплення стрижнів, що сходяться в них, та вузлових фасонки.

3.3.2.1 Вузол №2

Куточки розкосу (2L75×6) із зусиллям $N^{2-11}=156,8$ кН прикріплюємо до фасонки $t_f=12$ мм двосторонніми кутовими швами з катетом $k_{f1}=6$ мм з боку обушка та $k_{f2}=5$ мм з боку пера.

Показники міцності беремо $R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2$;

$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 370 = 166,5 \text{ Н/мм}^2$;

$\beta_z = 1,05$; $\beta_f = 0,9$.

Оскільки $\frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{0,9 \cdot 215}{1,05 \cdot 166,5} = 1,11 > 1$, розрахунок проводимо для металу на межі сплавлення.

$$l_w = \frac{\alpha \cdot N}{2 \cdot \beta_z \cdot k_f \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c} + 1 \quad (3.12)$$

де α — розподіл зусиль між швами по обушку та перу;

N - зусилля, що виникає в стрижні;

k_f - катет шва;

R_{wz} - розрахунковий опір прокату;

$$l_w^{\text{заг}} = \frac{0,7 \cdot 156,8}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,6 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 6,23 \text{ см}$$

$$l_w^{\Pi} = \frac{0,3 \cdot 156,8}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,5 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 3,69 \text{ см}$$

$$l_{w,\max} = 85 \cdot \beta_f \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 38,25 \text{ см}$$

Приймаємо $l_w^{\text{заг}}=70$ мм; $l_w^{\Pi}=50$ мм, оскільки мінімальна розрахункова довжина шва дорівнює 40, то фактична — 50 мм.

Визначаємо розміри швів для кріплення розкосу $N^{2-13} = -125,5 \text{ кН}$

$$l_w^{\text{заг}} = \frac{0,7 \cdot 125,5}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,6 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 5,19 \text{ см}$$

$$l_w^{\Pi} = \frac{0,3 \cdot 125,5}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,5 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 3,15 \text{ см}$$

Приймаємо $l_w^{\text{об}} = 60$ мм; $l_w^{\Pi} = 50$ мм

3.3.2.2 Вузол №11

Кріплення розкосу 1 – 11: $N^{1-11} = -209,12 \text{ кН}$; $k_{f1} = 5 \text{ мм}$; $k_{f2} = 6 \text{ мм}$; $\alpha_1 = 0,7$; $\alpha_2 = 0,3$;

$$l_w^{\text{заг}} = \frac{0,7 \cdot 209,12}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,6 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 8,07 \text{ см}$$

$$l_w^{\text{П}} = \frac{0,3 \cdot 209,12}{2 \cdot 1,05 \cdot 0,5 \cdot 166,5 \cdot 10^{-1} \cdot 1 \cdot 1} + 1 = 4,59 \text{ см}$$

Приймаємо $l_w^{\text{заг}} = 90 \text{ мм}$; $l_w^{\text{П}} = 50 \text{ мм}$

Кріплення розкосу 2-11 розраховано під час проєктування вузла №2. Розміри фасонки, отримані графічно за довжинами швів, наведено на рисунку 3.6.

Міцність швів, що кріплять фасонку до поясу, розраховуємо на спільну дію поздовжнього зусилля $N = N^{11-12} - N^{10-11} = 246,5 - 4,43 = 242,07 \text{ кН}$ і зосередженого вузлового навантаження $F = 20,72 \text{ кН}$.

$$\tau_w = \sqrt{\tau_{wN}^2 + \tau_{wF}^2} \quad (3.15)$$

$$\sqrt{40,99^2 + 8,73^2} = 41,91 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c = \frac{166,5 \text{ Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\tau_{wN} = \frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot \sum l_w} = \frac{242,07 \cdot 10}{1,05 \cdot 0,5 \cdot 112,5} = 40,99 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$\text{де } \sum l_w = (38,25 + (11 - 1) + (9 - 1)) \cdot 2 = 112,5$$

де 38,25 — гранична фактична довжина флангового шва, що кріпить перо поясу з одного боку фасонки.

$$\tau_{wF} = \frac{F}{\beta_z \cdot k_f \cdot \sum l_w} \quad (3.16)$$

$$\tau_{wF} = \frac{20,72 \cdot 10}{1,05 \cdot 0,5 \cdot 45,2} = 8,73 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

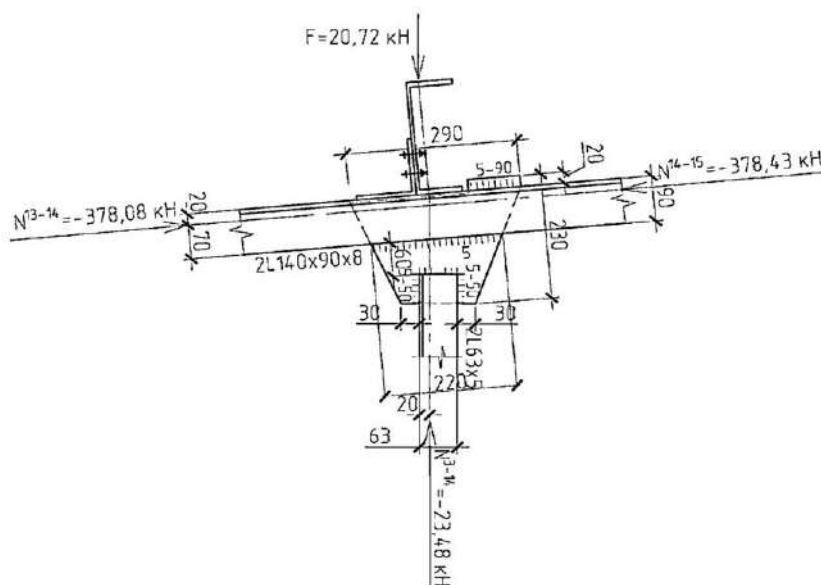


Рисунок 3.7 - Вузол № 14

3.4 Розрахунок і проєктування фундаментів

3.4.1 Вихідні дані

На будівельному майданчику зверху залягає крупний пісок середньої щільності, товщиною 6 м. Нижче знаходиться твердий суглинок, товщина якого становить 2 м. Нижче — мул, товщиною 1 м. Наступний шар — гравійний пісок середньої щільності, товщиною 10 м.

За відносну відмітку 0,000 прийнято відмітку підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній відмітці 157,95.

Рівень землі знаходиться на позначці—0,170.

Рівень підземних вод залягає на позначці -10,170.

Фізико-механічні характеристики ґрунту наведено в таблиці 3.4.

В якості основи під палі обираємо гравійний пісок середньої щільності, який залягає на позначці—9,170 , оскільки паля повинна прорізати шар слабого ґрунту — мулу.

На основі варіантного проєктування проаналізуємо буронабивні та забивні палі як фундамент під колону шляхом порівняння техніко-економічних показників.

Навантаження, що діють на фундамент за I комбінацією: $M = 65,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $N = 507 \text{ кН}$, $Q = 31 \text{ кН}$; за II комбінацією: $M = 11,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $N = 879,7 \text{ кН}$, $Q = 15,3 \text{ кН}$.

Таблиця 3.4 - Фізико-механічні характеристики ґрунту

Назва ґрунту	h, м	Вологість			Щільність, т/м ³			e	S _r	Питома вага, кг/м ³		I	Розрахункові характеристики			
		W	W _L	W _p	ρ	ρ _s	ρ _d			γ	γ _{sb}		c, кПа	φ, град	E, МПа	R ₀ , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Пісок крупний середньої щільності	6	0,04	-	-	1,79	2,66	1,72	0,55	0,19	17,9	-	-	1	40	40	500
2. Твердий суглинок	2	0,2	0,27	0,3	1,7	2,7	1,42	0,9	0,6	17	-	2,33	21	21	13	217
3. Суглинок, насичений водою	1	-	-	-	1,8	-	-	-	-	18	-	-	29	18	5	-
4. Гравійний пісок середньої щільності та середнього ступеня водонасичення	1	0,13	-	-	1,89	2,66	1,67	0,62	0,56	18,9	-	-	0,3	39	33	500
5. Гравійний пісок середньої щільності, насичений водою	9	0,23	-	-	2,05	2,66	1,67	0,62	1	-	10,25	-	0,3	39	33	500

3.4.2 Проектування пальового фундаменту із забивних паль

Вибір висоти ростверку та довжини палі

Висота ростверку h дорівнює 900 мм (анкерні болти в ростверку заглиблені на 690 мм, паля після обрізки заходить у ростверк на 50 мм, відстань від анкерних болтів до палі становить 160 мм).

Відмітка підосви ростверку — - 1,150 м.

Оскільки паля спирається на гравійний пісок, то заглиблення в цей ґрунт має становити не менше 0,5 м. Відмітку головки палі приймаємо на 0,3 м вище відмітки підосви ростверку. З цих умов найбільш підходяща довжина палі -9,0 м, переріз палі 300×300, приймаємо палі С90.30.

Відмітка верхівки палі-9,850 м.

Визначення несучої здатності палі

Дані для розрахунку несучої здатності палі наведено в таблиці 3.5

Товщина шару, м	Відстань від поверхні до середини шару Z_i , м	f_i , кПа	$f_i \cdot h_i$, кПа
2	1,98	41,86	83,72
1,51	3,735	51,675	78,03
1,51	5,245	56,49	85,23
2,0	7	6	12
1,0	8,5	5	5
0,68	9,34	64,01	43,53
		$\sum f_i \cdot h_i$ $= 307,51 \text{ кН}$	
	до вершини 9,68м $R = 10415 \text{ кПа}$ (відмітка землі 0,170 м)		

Несучу здатність палі визначаємо за формулою

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i \right) \quad (3.17)$$

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 10415 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 1 \cdot 307,51) = 1306,36 \text{ кН}$$

де γ_c — коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті, який приймається рівним 1,0;

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа;

A - площа поперечного перерізу палі, м^2 ;

γ_{CR} - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі, що приймається для паль суцільного перерізу, м;

u - периметр поперечного перерізу палі, м;

γ_{cf} - коефіцієнт умов роботи ґрунту по бічній поверхні палі, що приймається для паль, які забиваються без лідерних свердловин, рівним 1,0;

f_i - розрахунковий опір ґрунту на бічній поверхні палі в межах i -го шару ґрунту, кПа;

h_i - товщина i -го шару ґрунту, м.

Визначаємо допустиме навантаження на палю $\frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{1306,36}{1,4} = 933,11 \text{ кН}$;

де γ_k — коефіцієнт надійності за ґрунтом, залежить від способу визначення несучої здатності палі (при розрахунку приймається рівним 1,4).

Виходячи з досвіду проектування на палюву основу з гравійного піску, приймаємо $\frac{F_d}{\gamma_k} = 700 \text{ кН}$.

Визначення кількості паль та їх розміщення у фундаменті

Визначаємо кількість паль у куці

$$n = \frac{N_I}{\frac{F_d}{\gamma_k} - 0,9 \times d_p \times \gamma_b} \quad (3.18)$$

$$n \frac{879,7}{700 - 0,9 \times 1,15 \times 25} = 1,3$$

Де N_I — сума вертикальних навантажень у поєднанні з $N_{\max}$ ом на обрізі ростверку, приймається рівною 879,7 кН;

d_p - глибина закладення ростверку, м;

γ_b - питома вага залізобетону, що приймається рівною 25 кН/м^3 .

Приймаємо 3 палі в куці.

Розташування паль у куці приймаємо у шаховому порядку (рисунок 3.8) так, щоб відстань між осями паль становила не менше $3d = 900 \text{ мм}$. Розміри ростверку в плані становитимуть, з урахуванням його виступів за зовнішні грані паль на 150 мм, — $1500 \times 1500 \text{ мм}$ (розміри ростверку в плані приймаємо кратними 300 мм).

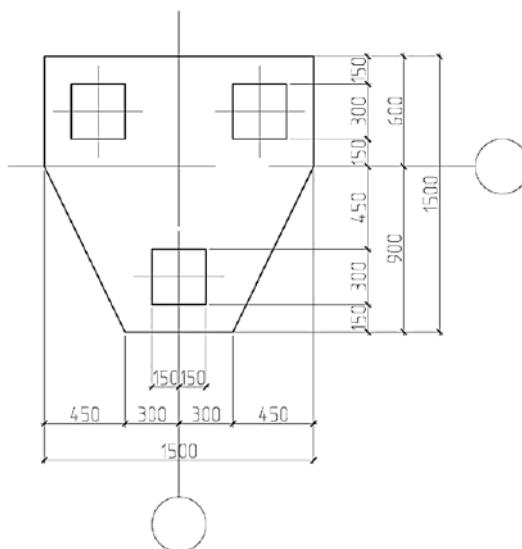


Рисунок 3.8 - Схема розташування паль

3.4.2.1 Перенесення навантажень на підшву ростверку

Пальовий куц розраховується на основі навантажень, що діють на підшву ростверку. Тому всі навантаження приводяться до центру ростверку (поздовжньої осі колони) на рівні підшви. Схема навантажень на підшву наведена на рисунку 3.9. Зведемо навантаження до основи ростверку для I комбінації.

$$N' = N_1 + N_p = 507 + 44,55 = 551,55 \text{ кН}; \quad (3.19)$$

$$M' = 65,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q' = 31 \text{ кН},$$

де N' , M' , Q' — навантаження, приведені до підшви ростверку,

N_p - навантаження від ростверку, що визначається за формулою

$$N_p = 1,1 \cdot V_p \cdot \gamma_{cp} = 1,1 \cdot 1,62 \cdot 25 = 44,55 \text{ кН}$$

де 1,1 — коефіцієнт надійності за навантаженням;

V_p - об'єм ростверку;

γ_{cp} - питома вага залізобетону, що приймається 25 кН/м^3 .

для II комбінації:

$$N' = N_1 + N_p = 879,7 + 44,55 = 924,25 \text{ кН};$$

$$M'=11,5\text{кН}\cdot\text{м};$$

$$Q'=15,3\text{кН}.$$

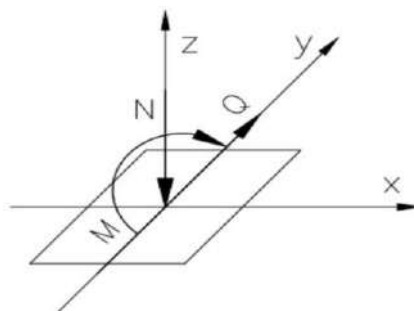


Рисунок 3.9 - Схема навантажень на ростверк

Визначення навантажень на кожен палю.

Основним критерієм проєктування пальових фундаментів є умова

$$N_{\pi} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_K} \quad (3.20)$$

де γ_0 — коефіцієнт умов експлуатації, що враховує підвищення однорідності ґрунтових умов при застосуванні пальових фундаментів (при кущовому розташуванні паль приймається рівним 1,15);

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням (відповідальністю) будівлі (для будівель II рівня відповідальності приймається рівним 1,15).

Навантаження на палі при дії моментів в одному напрямку N_{π} .

$$N_{\pi} = \frac{N}{n} + \frac{M_x \cdot y}{\sum (y_i^2)} \quad (3.21)$$

де y — відстань від осі пального куща до осі палі, в якій визначається зусилля, м;

y_i - відстань від осі куща до осі кожної палі, м;

$N_{\pi}^{кр}$ - навантаження на палю крайнього ряду.

Для I комбінації:

$$N_{\text{п}}^1 = \frac{551,55}{3} - \frac{65,6 \cdot 0,45}{0,45^2 \cdot 1} = 38,1 \text{ кН} < 700 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^2 = \frac{551,55}{3} + \frac{65,6 \cdot 0,45}{0,45^2 \cdot 1} = 329,3 \text{ кН} < 700 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^3 = \frac{551,55}{3} = 183,85 \text{ кН} < 700 \text{ кН}.$$

Для II комбінації:

$$N_{\text{п}}^1 = \frac{924,25}{3} - \frac{11,5 \cdot 0,45}{0,45^2 \cdot 1} = 282,5 \text{ кН} < 700 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^2 = \frac{924,25}{3} + \frac{11,5 \cdot 0,45}{0,45^2 \cdot 1} = 333,6 \text{ кН} < 700 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^3 = \frac{924,25}{3} = 308,1 \text{ кН} < 700 \text{ кН}.$$

Умова виконується для всіх паль.

3.4.3 Проектування ростверку

Параметри ростверку наведено на рисунку 2.10.

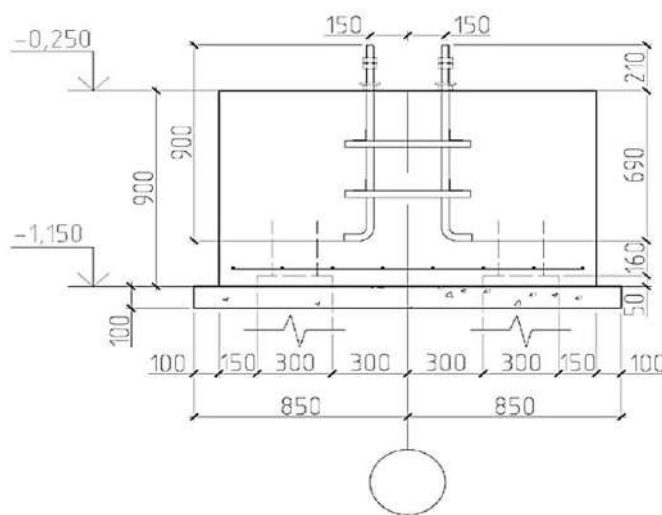


Рисунок 3.10 - Монолітний ростверк

3.4.3.1 Розрахунок на продавлювання ростверку колоною

Піраміда продавлювання утворюється площинами, проведеними від кінця колони під кутом 45° до центру робочої арматури плити (на 70 мм вище підосви

ростверку), оскільки в її межах знаходяться палі, то площини проводяться до граней палей. Перевірка здійснюється за формулою

$$F \leq \frac{2R_{bt}h_{0p}}{\alpha} \left[\frac{h_{0p}}{c_1} (b_c + c_2) + \frac{h_{0p}}{c_2} (l_c + c_1) \right], \quad (3.22)$$

Де F — розрахункова сила продавлювання, кН, що дорівнює подвоєній сумі навантажень на палі, розташовані з одного, більш навантаженого боку від осі колони, та знаходяться поза нижньою основою піраміди продавлювання $F = 2 \cdot (N_{п2} + N_{п3})$;

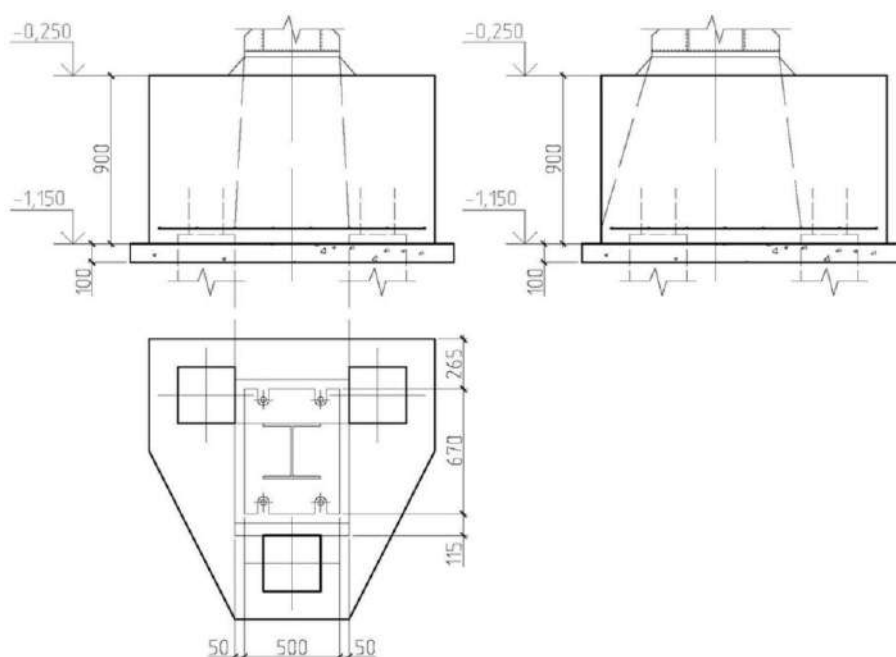


Рисунок 3.11- Схема роботи ростверку при продавлюванні колоною

R_{bt} - розрахунковий опір бетону розтягуванню, кПа, для бетону класу С12/15 -750 кПа;

h_{0p} - робоча висота перерізу ростверку, м, приймається рівною від верху ростверку до площини робочої арматури плитної частини, $h_{0p} = 0,82\text{м}$;

b_c, l_c - розміри металевієї плити під колоною,

$$b_c = 0,5 \text{ м}, l_c = 0,67 \text{ м};$$

c_1, c_2 - відстань від граней колони до граней основи піраміди продавлювання, м, приймається не більше h_{op} і не менше $0,4 \cdot h_{op} = 0,328 \text{ м}$;

α — коефіцієнт, що враховує часткову передачу поздовжньої сили N , який обчислюється за формулою

$$\alpha = 1 - \frac{0,4 \cdot R_{bt} \cdot A_c}{N_K} \quad (3.23)$$

де A_c — площа бічної поверхні колони в межах її закладення в стакан; оскільки ростверк розраховується під металеву колону, то $A_c = 0$.

$$F = 2 \cdot (333,6 + 308,1) = 1283,4 \text{ кН}.$$

$$\alpha = 1.$$

$$1283,4 < \frac{2 \cdot 750 \cdot 0,82}{1} \left[\frac{0,82}{0,328} (0,5 + 0,328) + \frac{0,82}{0,328} (0,67 + 0,328) \right] = 5614,95 \text{ кН}.$$

Умова виконується, отже, прийнята висота ростверку є достатньою.

Проводимо розрахунок ростверку на вигин.

Моменти в перерізах визначаємо за формулами

$$M_{xi} = N_{св i} \cdot x_i \quad (3.24)$$

$$M_{yi} = N_{св i} \cdot y_i \quad (3.25)$$

де $N_{п i}$ — розрахункове навантаження на палю, кН;
 x_i, y_i - відстань від центру кожної палі в межах згинаємої консолі до розглянутого перерізу, м.

За величиною моменту та висотою перерізу h_{op} розраховується необхідна площа робочої арматури в кожному перерізі. Результати розрахунку наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Розрахунок перерізу арматури

Перетин	M, кН · м	α_m	ξ	h_{oi}	A_s , см ²
1 – 1	66,72	0,008	0,996	0,82	2,24
1' – 1'	81,65	0,01	0,995	0,82	2,74

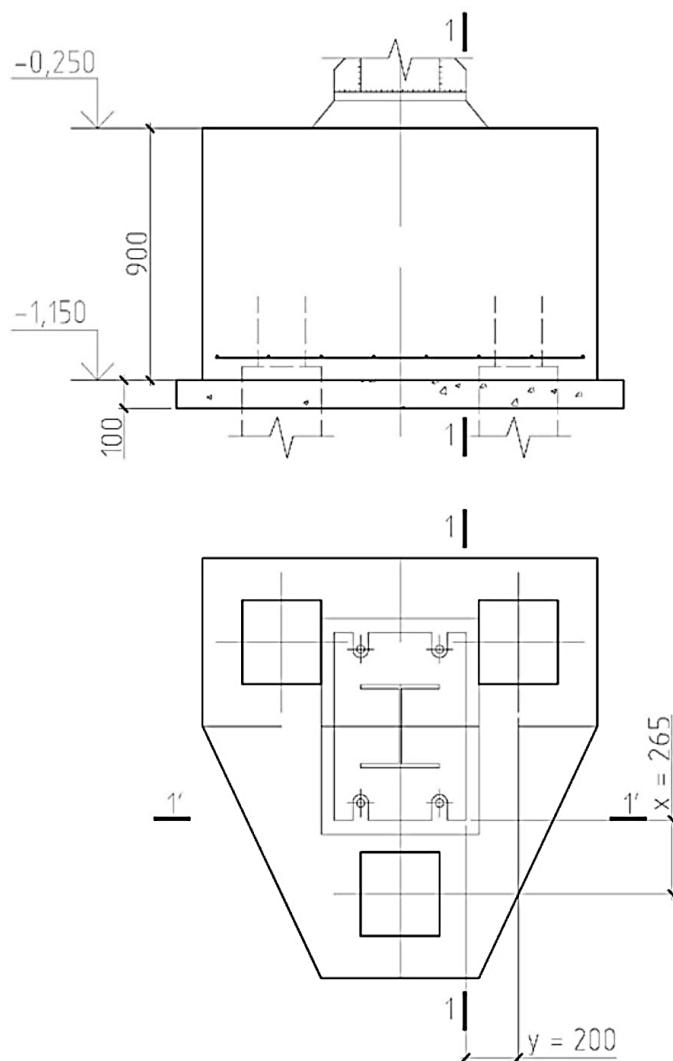


Рисунок 3.12 - Схема розрахунку ростверку на вигин

Приймаємо арматуру сітки С-1 в одному напрямку $\varnothing 10$ А400С з площею $A_s = 6,28 \text{ см}^2 > 2,24 \text{ см}^2$, в іншому напрямку $\varnothing 10$ А400С з площею $A_s = 6,28 \text{ см}^2 > 2,74 \text{ см}^2$.

Армування ростверку та сітка С-1 наведені на аркуші 5 у графічній частині проекту. Специфікація арматури наведена в таблиці 3.6, відомості про витрату сталі — у таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 - Специфікація елементів

Позиція	Позначення	Назва	Кількість	Маса, кг
1	Залізобетонні палі			
		C90.30	3	2050
	Монолітний ростверк			
		C-1	1	14,3
	Деталі			
		Ø10 A400C, l = 1450	16	0,89
	Матеріали	Бетон C12/15	1,66	4150

Таблиця 3.7 - Відомість витрат сталі

Марка елемента	Витрата арматури, кг, класу					Разом, кг	Загальна витрата, кг
	A240C		A400C				
	Ø6		Ø10				
C-1	-	-	14,3	-	-	14,3	14,3
Разом 14,3							

3.4.3.2 Вибір обладнання для забивання палі

Вибираємо для забивання палі трубчастий дизель-молот. Співвідношення маси ударної частини молота m_4 до маси палі m_2 має бути не менше 0,75 (для трубчастих дизель-молотів і палі будь-якої довжини при прорізуванні пухких і слабких ґрунтів та заглибленні в ґрунти середньої щільності). Оскільки $m_2 = 2,05$ т, приймаємо масу молота $m_4 = 1,8$ т.

Визначимо мінімальну енергію удару, необхідну для забивання палі

$$E_{d,min} = 10 \cdot m_4 \cdot H = 10 \cdot 1,8 \cdot 1 = 18 \text{ кДж},$$

де H — висота підйому молота, приймається рівною 1 м. Попередньо обираємо трубчастий дизель-молот марки МСДТ1-1800 з такими технічними характеристиками:

маса ударної частини m_4 — 1,8 т;

енергія удару — E_d — 45,4 кДж;

повна маса молота — 3,65 т.

Розрахункову відмову палі визначимо за формулою

$$S_a^{\text{рас}} = \frac{E_d \cdot \eta \cdot A}{F_d \cdot (F_d + \eta \cdot A)} \times \frac{m_1 + 0,2 \cdot (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (3.26)$$

де η — коефіцієнт, який для залізобетонних паль приймається рівним 1500 кН/м²;

A - площа поперечного перерізу палі, м²;

F_d - несуча здатність палі, яку приймаємо виходячи з прийнятого допустимого навантаження на палю $\frac{F_d}{\gamma_k}$, кН;

m_1 - повна маса молота, т;

m_2 - маса палі, т;

m_3 - маса наголовника, яку приймаємо рівною 0,2 т.

$$S_a^{\text{рас4}} = \frac{45,4 \cdot 1500 \cdot 0,09}{700 \cdot (700 + 1500 \cdot 0,09)} \cdot \frac{3,65 + 0,2 \cdot (2,05 + 0,2)}{3,65 + 2,05 + 0,2} = 0,007 \text{ м}$$

Оскільки $S_a = 0,007 \text{ м} > 0,002 \text{ м}$, то молот обрано правильно. Палі занурювати трубчастим дизель-молотом МСДТ1-1800 до проєктної відмітки -9,850 м з відступом $S_a \leq S_a^{\text{розр}} = 0,007 \text{ м}$.

3.4.4 Проєктування пальового фундаменту з буронабивних паль

3.4.4.1 Визначення несучої здатності паль

Діаметр буронабивних паль - $D=300$ мм.

Заглиблення паль у гравійний пісок на 2 м.

З'єднання буронабивних паль з ростверками — жорстке.

Визначаємо несучу здатність буронабивних паль

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i \right) \quad (3.27)$$

де γ_c — коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті (приймається рівним 1,0);

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі;

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,30)^2}{4} = 0,07 \text{ м}^2 - \text{площа поперечного перерізу палі};$$

$u = \pi \times D = \pi \times 0,30 = 0,94$ м — периметр поперечного перерізу палі;

γ_{CR} - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі (приймається рівним 1,0);

γ_{cf} - коефіцієнт умов роботи ґрунту по бічній поверхні палі (приймається рівним 0,8);

f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту по бічній поверхні стовбура палі, кПа;

h_i — товщина i -го шару ґрунту, що стикається з бічною поверхнею палі, м;

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі

$$R = 0,75 \cdot \alpha_4 \cdot (\alpha_1 \cdot \gamma_{11} \cdot d + \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_1 \cdot h) \quad (3.28)$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ — безрозмірні коефіцієнти, що приймаються, залежно від розрахункового значення кута внутрішнього тертя φ_1 ґрунту основи;

γ_1 - усереднене (по шарах) значення питомої ваги ґрунтів, розташованих вище нижнього кінця палі;

γ_{11} - розрахункове значення питомої ваги ґрунту в основі палі;

d - діаметр палі, м;

h - глибина закладення нижнього кінця палі, м.

$$\gamma_1 = (5,02 \cdot 17,9 + 2 \cdot 17 + 1 \cdot 18 + 1 \cdot 18,9 + 1 \cdot 10,25) / 10,02 = 17,07 \text{ кН/м}^3.$$

$$R = 0,75 \cdot 0,22 \cdot (163 \cdot 10,25 \cdot 0,3 + 260 \cdot 0,77 \cdot 17,07 \cdot 10,02) = 5733 \text{ кПа.}$$

$$F_d = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 5733 \cdot 0,07 + 0,94 \cdot 0,8 \cdot 393,98) = 697,58 \text{ кН.}$$

Визначаємо допустиме навантаження на буронабивну палю

$$\frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{697,58}{1,4} = 498,27 \text{ кН.}$$

Визначення кількості палей та їх розміщення у фундаменті.

Визначаємо кількість палей у куші

$$n = \frac{N_I}{\frac{F_d}{\gamma_k} - 0,9 \times d_p \times \gamma_{сер}} = \frac{879,7}{498,27 - 0,9 \times 1,15 \times 20} = 1,84$$

де N_I — сума вертикальних навантажень на обрізі ростверку;

d_p - висота ростверку, м;

$\gamma_{сер}$ - усереднена питома вага ростверку та ґрунту на його обрізах, що приймається як 20кН/м^3 .

Приймаємо 3 палі в куці.

Розстановку паль здійснюємо так, щоб відстань між палями була не менше 1000 мм. З огляду на виступи за зовнішні грані паль, що дорівнюють 150 мм, розміри ростверку в плані становитимуть 2100×1800 мм.

Схему приведення навантажень до підшви ростверку див. на рисунку 3.9.

Наведемо навантаження на підшву ростверку для I комбінації:

$$N' = N_1 + N_p = 507 + 73,15 = 580,15\text{кН};$$

$$M' = 65,6\text{кН} \cdot \text{м};$$

$$Q' = 31\text{кН},$$

де N' , M' , Q' — навантаження, приведені до підшви ростверку,

$$N_p = 1,1 \cdot V_p \cdot \gamma_{сер} = 1,1 \cdot 2,66 \cdot 25 = 73,15\text{кН}$$

де 1,1 — коефіцієнт надійності за навантаженням;

V_p - об'єм ростверку;

$\gamma_{сер}$ - питома вага залізобетону, що приймається 25кН/м^3 .

для II комбінації:

$$N' = N_1 + N_p = 879,7 + 73,15 = 952,85\text{кН};$$

$$M' = 11,5\text{кН} \cdot \text{м};$$

$$Q' = 15,3\text{кН}.$$

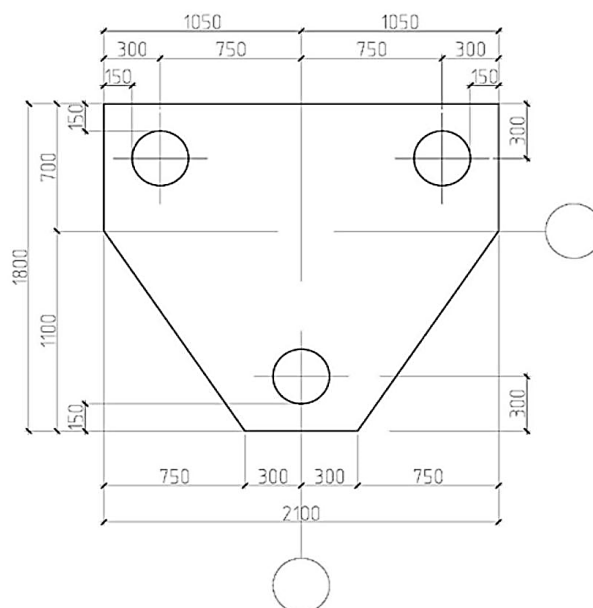


Рисунок 3.13 - Схема розташування буронабивних паль

3.4.5 Визначення навантажень на кожну палю

Основним критерієм проєктування пальових фундаментів є умова

$$N_{\text{п}} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_K} = 498,27 \quad (3.29)$$

де γ_0 — коефіцієнт умов експлуатації, що враховує підвищення однорідності ґрунтових умов при застосуванні пальових фундаментів (при куцовому розташуванні паль приймається рівним 1,15);

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням (відповідальністю) будівлі (для будівель II рівня відповідальності приймається рівним 1,15);

Навантаження на палі при дії моментів в одному напрямку визначається за формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{N}{n} + \frac{M_x \cdot y}{\sum (y_i^2)} \quad (3.30)$$

де y — відстань від осі пальового куща до осі палі, в якій визначається зусилля, м;

y_i - відстань від осі куща до осі кожної палі, м;

$N/-$ навантаження, приведені до підшви ростверку.

Оскільки розташування буронабивних і забивних паль однакове, навантаження на кожну палю збігаються.

Для I комбінації:

$$N_{\text{п}}^1 = \frac{580,15}{3} - \frac{65,6 \cdot 0,75}{0,75^2 \cdot 1} = 105,92 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^2 = \frac{580,15}{3} + \frac{65,6 \cdot 0,75}{0,75^2 \cdot 1} = 280,85 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^3 = \frac{580,15}{3} = 193,38 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН}.$$

Для II комбінації:

$$N_{\text{п}}^1 = \frac{952,85}{3} - \frac{11,5 \cdot 0,75}{0,75^2 \cdot 1} = 302,28 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^2 = \frac{952,85}{3} + \frac{11,5 \cdot 0,75}{0,75^2 \cdot 1} = 332,95 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН};$$

$$N_{\text{п}}^3 = \frac{952,85}{3} = 317,62 \text{ кН} < 498,27 \text{ кН}.$$

Умова (3.29) виконується для всіх паль.

Вибір оптимального варіанту фундаменту наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Вибір оптимального варіанту фундаменту

Показники	Пальовий фундамент із забивних паль	Пальовий фундамент із буронабивних паль
Вартість, грн	4236,34	4824,38
Трудомісткість, людино-година	24,46	41,63
Витрата бетону, м ³	1,88	7,97
Витрата арматури, т	0,014	0,174

Висновок: у даних інженерно-геологічних умовах, за даних навантажень, доцільніше зводити пальовий фундамент із забивних паль, виходячи з того, що їхня вартість і трудомісткість зведення менші, ніж у випадку буронабивних паль.

3.5 Висновки за розділом 3

Запроектовано несучий каркас будівлі логістичного центру, який вирішено за рамно-зв'язковою схемою з використанням сталевих двотаврових колон профілю НЕВ 300 та просторової системи хрестових зв'язків, що гарантує геометричну незмінність диску покриття та стійкість споруди під дією нормативних навантажень.

Проведено статичний та конструктивний розрахунок прогону П1 із прокатного швелера 24 П за ДСТУ EN 10079:2018. Перевірка міцності за першою групою граничних станів та жорсткості за другою групою підтвердила надійність елемента.

Виконано розрахунок трапецієподібної кроквяної ферми ФС1 прольотом 24 м у програмному комплексі SCAD. Розраховано та законструйовано вузлові з'єднання №2, №11, №14 із визначенням геометричних параметрів фасонки завтовшки 12 мм та довжини кутових зварних швів.

Проведено порівняльний аналізи варіативного проєктування підземної частини. За результатами техніко-економічного порівняння пальових фундаментів із забивних (С90.30) та буронабивних паль для даних інженерно-геологічних умов обрано варіант із забивними залізобетонними палями як такий, що забезпечує зниження вартості матеріалів на 12,2% та зниження трудомісткості зведення фундаментів майже вдвічі.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці та небезпечних факторів на будівельному майданчику

Будівництво логістичного центру відноситься до комплексних будівельно-монтажних робіт, що включають земляні роботи, влаштування фундаментів, монтаж металевих конструкцій каркасу, улаштування покрівлі, монтаж сендвіч-панелей, виконання бетонних підлог та інженерних мереж. Кожен з цих видів робіт формує специфічне виробниче середовище з характерним набором небезпечних та шкідливих виробничих факторів відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Особливу увагу при будівництві ЛЦ слід приділяти роботам на висоті. Монтаж сталевого каркасу та покриття ведеться на висоті 10–14 м від позначки підлоги, що відноситься до робіт підвищеної небезпеки відповідно до Переліку робіт з підвищеною небезпекою (НПАОП 0.00-8.24-05). Такі роботи виконуються лише за нарядом-допуском та при наявності у працівників відповідних посвідчень.

Серйозним джерелом небезпеки є робота баштових і стрілових кранів у зоні монтажу. Відповідно до ДБН А.3.2-2-2009, небезпечні зони від підйимального обладнання мають бути позначені сигнальними огорожами та знаками безпеки. Небезпечна зона від крана визначається за формулою з урахуванням максимального вильоту стріли та можливого розльоту вантажу при падінні.

4.2 Заходи з безпеки праці при виконанні будівельно-монтажних робіт

Розробка безпечних умов праці виконується на основі аналізу НШВФ, технологічних карт і проекту організації будівництва (ПОБ) відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009, ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та чинних НПАОП.

4.2.1 Організаційні заходи

До початку виконання БМР на об'єкті необхідно: розробити проєкт виконання робіт (ПВР) із розділом охорони праці; провести первинний інструктаж з усіма працівниками та занести відомості до журналу реєстрації інструктажів; призначити відповідальних осіб за безпеку виконання кожного виду робіт; встановити на будмайданчику інформаційні стенди зі схемою розміщення об'єктів, знаками безпеки та переліком осіб відповідальних за охорону праці (відповідно до ДБН А.3.1-5:2016).

Будівельний майданчик огорожується по всьому периметру інвентарним парканом висотою не менше 2,0 м (тип огороження — згідно з ДСТУ Б В.2.8-23:2009). Вхідні зони обладнуються двостулковими воротами та хвірткою. Уздовж дороги на відстані 5 м від огороження встановлюються попереджувальні знаки «Будівельний майданчик». На в'їзді розміщується схема руху транспорту по будівельному майданчику та табличка з назвою об'єкта і відповідальними особами.

4.2.2 Заходи при виконанні земляних робіт

Виконання земляних робіт регулюється ДБН А.3.2-2-2009 (розділ 8) та НПАОП 45.2-7.02-12. До початку розробки котловану необхідно встановити розташування підземних комунікацій шляхом запиту технічних умов у відповідних організацій та проведення геофізичної розвідки.

При глибині котловану понад 1,0 м встановлюється огороження з попереджувальними знаками. При глибині понад 1,5 м — обов'язковим є кріплення або улаштування укосів відповідно до ДБН А.3.2-2-2009. Для суглинків і глин природної вологості крутість укосу при глибині до 3 м має бути не крутіше 1:0,5. Доступ сторонніх осіб до котловану заборонений; в нічний час встановлюється сигнальне освітлення. Переміщення будівельної техніки у зоні котловану допускається на відстані не менше 1,0 м від брівки.

4.2.3 Заходи безпеки при монтажі металевих конструкцій

Монтаж металевого каркасу логістичного центру є найбільш небезпечним видом робіт на об'єкті. Відповідно до НПАОП 0.00-1.15-07 та ДБН А.3.2-2-2009, роботи на висоті понад 1,8 м виконуються з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) від падіння: страхувального пояса з амортизатором та карабіном, прикріпленим до анкерної лінії або точки кріплення.

Монтажна зона огорожується на радіус, рівний висоті монтажного елементу плюс 7 м (для висоти монтажу 12 м — не менше 19 м), і позначається стрічковим огородженням із знаками «Прохід заборонено. Небезпека падіння предметів». Підйом конструкцій здійснюється лише після перевірки справності такелажного обладнання. Застропування елементів виконується монтажниками, що мають посвідчення стропальника. Кожен елемент перед встановленням має бути оглянутий на відсутність деформацій та ушкоджень антикорозійного покриття.

При вітрі швидкістю понад 10 м/с, грозі, ожеледиці та при видимості менше 50 м (туман, снігопад) монтажні роботи на висоті припиняються відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 п. 9.2.24. Ключові елементи каркасу (колони, ферми) до звільнення від стропів мають бути надійно закріплені постійними або тимчасовими зв'язками.

4.2.4 Заходи безпеки при зварювальних роботах

Зварювальні роботи виконуються відповідно до НПАОП 28.52-1.01-04 «Правила безпеки при зварюванні та різанні металів» та ДБН В.1.1-7:2016. Зварник повинен мати відповідне посвідчення. Робоче місце зварника облаштовується: загальнообмінною або місцевою вентиляцією для видалення зварювальних аерозолів; щитом або заслоном для захисту навколишніх від УФ-випромінювання; первинними засобами пожежогасіння (вогнегасник ОП-5 або ящик з піском ємністю 0,5 м³).

Особисті засоби захисту зварника: захисний щиток зі склом із оптичної щільністю DIN 10–12 (відповідно до ДСТУ EN 175:2012), вогнетривкий спецодяг, захисні рукавиці (краги), черевики зі сталевим підноском. При роботі на висоті —

страхувальна система. Газові балони зберігаються у вертикальному положенні, закріплені хомутами, у провітрюваних приміщеннях; відстань від балонів до відкритого вогню — не менше 5 м.

4.2.5 Заходи з пожежної безпеки на будівельному майданчику

Вимоги до пожежної безпеки на будівельному майданчику регламентуються ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва та споруд», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та Законом України «Про пожежну безпеку».

На будівельному майданчику з початку робіт розробляється Інструкція з пожежної безпеки. Майданчик обладнується пожежними щитами (не менше одного щита на 5000 м² площі) з первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками ВП-9 або ВВК-5, ящиком із піском, бочкою з водою та пожежним інвентарем. Пожежні щити встановлюються на відкритих, добре помітних місцях.

До основних організаційних заходів належать: заборона паління на будмайданчику поза спеціально відведеними місцями (обладнаними урнами з написом «Для недопалків»); ведення вогневих робіт виключно за нарядом-допуском з призначенням відповідального за пожежну безпеку; щоденна перевірка місць виконання вогневих робіт після їх закінчення протягом 2 годин; щотижневий огляд тимчасових споруд та проводки.

Тимчасові адміністративно-побутові приміщення (бригадири, приміщення виконроба, роздягальня, їдальня) мають розміщуватися на відстані не менше 24 м від об'єктів, що будуються, та 18 м одне від одного (або обладнуватися протипожежними перегородками). Забороняється розміщувати тимчасові приміщення у зоні монтажного крана, під проводами діючих електромереж. Тимчасові побутові приміщення оснащуються автономними димовими детекторами та вогнегасниками.

При зберіганні та використанні легкозаймистих і горючих рідин (фарби, лаки, ґрунтовки) на будмайданчику виділяється спеціальна пожежобезпечна зона: відкрита площадка або металевий контейнер на відстані не менше 20 м від будівель

і 30 м від виходу з котловану. Добовий запас ЛЗР на робочому місці — не більше змінної потреби. Закінчені частини об'єкта обладнуються вогнегасниками та пожежними шухлядами з піском згідно з ДБН В.1.1-7:2016.

Для забезпечення доступу пожежної техніки по периметру будівлі, що зводиться, проектується тимчасовий проїзд шириною не менше 6 м з покриттям зі щебеню або залізобетонних плит. Відстань від краю проїзду до стіни споруди — не більше 25 м. Тупикові проїзди завдовжки понад 150 м завершуються майданчиками для розвороту пожежних автомобілів розміром не менше 12×12 м.

4.3 Висновки розділу 4

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці слід передбачити комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці під час виконання будівельно-монтажних робіт та подальшої експлуатації логістичного центру. Особливу увагу необхідно приділити роботам із монтажними механізмами, роботам на висоті, переміщенню великогабаритних конструкцій, електробезпеці, пожежній безпеці та безпечній організації руху транспорту на будівельному майданчику.

Запропоновані заходи мають передбачати проведення інструктажів, використання засобів індивідуального захисту, огороження небезпечних зон, контроль технічного стану механізмів, дотримання вимог під час монтажу сталевих каркасів та забезпечення готовності персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Виконання цих вимог зменшує ризик травматизму і забезпечує безпечну реалізацію проєкту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» розроблено комплексну проектну документацію для будівництва логістичного центру у місті Чернігів.

На основі виконаних досліджень та інженерних розрахунків сформовано такі підсумкові висновки: Обґрунтовано високу соціально-економічну актуальність розвитку логістичної інфраструктури північного регіону України, що зумовлено дефіцитом сучасних складських площ класу «А» та потребою впровадження енергоефективних швидкомотованих конструкцій каркасного типу.

На основі нормативних положень ДБН Б.2.2-12:2019 розроблено генеральний план ділянки, у якому раціонально розміщено складський корпус, розраховано необхідну кількість машиномісць (15 легкових та 3 пости для вантажних автомобілів із розвантажувальною рампою) та передбачено максимальне збереження природного рельєфу.

Оптимізовано об'ємно-планувальну структуру будівлі, яка за рахунок використання технологічного принципу наскрізного вантажопотоку виключає колізії та перетини зустрічних ліній переміщення товарів.

За допомогою конструктивного розрахунку прокатних прогонів покриття та трапецієподібних ферм досягнуто максимального використання несучої здатності металу металоконструкцій (сталь С255 та С245), що забезпечує надійність споруди за граничними станами та знижує матеріаломісткість каркаса.

Матеріали кваліфікаційної роботи бакалавра мають чітке практичне спрямування, оскільки запропоновані архітектурно-конструктивні рішення та методика порівняльного аналізу варіантів фундаментів на пальовій основі можуть бути безпосередньо впроваджені в практику реального проєктування об'єктів промислово-цивільного призначення будівельними організаціями України

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В. П., Конончук О. П., Мещерякова О. М., Коваль І. В., Сорочак А. П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль: ТНТУ, 2025. 59 с.
2. ДБН В.2.2-43:2021. Будівлі та споруди. Складські будівлі. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2021.
3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019.
4. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Мінрегіон України, 2017, зі змінами.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України, 2006, зі змінами № 1, № 2.
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.
7. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Мінрегіон України, 2022.
8. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
9. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018, зі змінами.
11. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Мінрегіон України, 2013.
15. ДБН А.2.1-1:2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
16. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2018.

17. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ: Мінрегіон України, 2014.
18. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.
19. ДСТУ EN 10025-2:2019. Вироби гарячекатані з конструкційних сталей. Частина 2. Технічні умови постачання нелегованих конструкційних сталей. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
20. ДСТУ 2251:2018. Кутики сталеві гарячекатані рівнополічні. Сортамент. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
21. ДСТУ 8769:2018. Кутики сталеві гарячекатані нерівнополічні. Сортамент. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
22. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіон України, 2016.
23. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012.
24. Каспрук В. Б. Методичні вказівки до написання розділу з охорони праці в будівництві для спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 15 с.
25. Стручок В. С. Техноекоекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. 150 с.
26. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
27. ArchDaily. Roshen Logistics Center / prototype. 2025. URL: <https://www.archdaily.com/1031802/roshen-logistics-center-prototype> (дата звернення: 26.06.2026).
28. DSV. Logistics centres, warehousing and automated fulfillment solutions. Офіційний сайт DSV. URL: <https://www.dsv.com/> (дата звернення: 26.06.2026).
29. SCAD Office. Програмний комплекс для розрахунку будівельних конструкцій: довідкові матеріали користувача. Київ: SCAD Soft.