

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельний факультет

Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

Д.т.н., проф. Журавський

Олександр Дмитрович

«09» травня 2024 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему:

«ЛОГІСТИЧНИЙ ЦЕНТР У М. БІЛА ЦЕРКВА»

Галузь знань:

19 Архітектура та будівництво»

Спеціальність:

192 Будівництво та цивільна
інженерія

Освітньо-професійна програма:

«Промислове і цивільне
будівництво»

IV курс, група ПЦБ-41

Здобувач:

Сидорець Олена Віталіївна

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кріпак Володимир Денисович

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Жук Вероніка Володимирівна

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(підпис)

(підпис)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: будівельний
Кафедра: залізобетонних та кам'яних конструкцій
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)
Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма: «Промислове і цивільне будівництво»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Журавський
Олександр Дмитрович
«09» травня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Здобувачка Сидорець Олена Віталіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Логістичний центр у м. Біла Церква»

керівник роботи к.т.н., проф. Кріпак Володимир Денисович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» травня 2024 року №755/2

2. Термін подання роботи здобувачем «14» червня 2024 року

3. Вихідні дані:

- основні об'ємно-планувальні та конструктивні характеристики будівлі або споруди;
- завдання керівника кваліфікаційної роботи на спеціальну частину;
- паспорт кваліфікаційної роботи здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»;
- методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи (до кожного розділу).

4. Перелік розділів основної частини кваліфікаційної роботи:

Вступ

- 1) Архітектурно-планувальні рішення
- 2) Будівельні конструкції
- 3) Основи і фундаменти
- 4) Технологія і організація будівництва
- 5) Охорона праці та навколишнього середовища
- 6) Економіка будівництва
- 7) Спеціальна частина
- 8) Висновки
- 9) Список використаних джерел

5. Об'єм основної частини та графічних додатків кваліфікаційної роботи

№ розділу	Найменування розділів кваліфікаційної роботи	Об'єм основної частини (аркушів ф. А4)	Об'єм графічних додатків (креслень) (аркушів ф. А1)
1	Архітектурно-планувальні рішення: - фасад; - плани поверхів; - розріз.	≤ 8	1
2	Будівельні конструкції: (залізобетонні / металеві / дерев'яні / кам'яні)	≤ 10	0,5
3	Основи і фундаменти	≤ 10	0,5
4	Технологія і організація будівництва		
4.1	Технологічна карта	≤ 10	1
4.2	Календарний графік будівництва	≤ 10	1
5	Охорона праці та навколишнього середовища	≤ 5	
6	Економіка будівництва	≤ 10	
7	Спеціальна частина	≤ 15	2
8	Висновки	1	
9	Список використаних джерел	1	
	Разом:	≤ 80	6

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
АР	доцент, кандидат техн. наук Чирва Т. Л.		
БК	професор, кандидат техн. наук Кріпак В. Д.		
ОіФ	доцент, кандидат техн. наук Підлущкий В. Л.		
ТБ і ОргБ	професор, кандидат техн. наук Шпакова Г. В.		
ОПтаНС	професор, кандидат техн. наук Касьянова О. М.		
ЕБ	доцент, кандидат економ. наук Гусарова Л. В.		
СЧ	професор, кандидат техн. наук Кріпак В. Д.		

7. Дата видачі завдання «11» травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапу роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Архітектурно-планувальні рішення		
3	Будівельні конструкції		
4	Основи і фундаменти		
5	Технологія і організація будівництва		
6	Охорона праці та навколишнього середовища		
7	Економіка будівництва		
8	Спеціальна частина		
9	Висновки, список використаних джерел		
10	Попередній захист кваліфікаційної роботи		
11	Рецензування кваліфікаційної роботи		
12	Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувачка

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сидорець О. В.

_____ (прізвище та ініціали)

Кріпак В. Д.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ	8
1.1. Загальна характеристика об'єкту та майданчика будівництва	9
1.2. Об'ємно-планувальні рішення.....	10
1.3. Конструктивні рішення.....	10
1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій ...	12
1.5. Забезпечення будівлі інженерним обладнанням	16
БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ	18
2.1. Основні конструктивні елементи будівлі	19
2.2. Збір навантажень на несучі конструкції будівлі.....	20
2.3. Розрахунок ригеля по осі E	25
2.4. Розрахунок колони по осі E	32
ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ	35
3.1. Вихідні дані майданчика будівництва	36
3.2. Аналіз геологічних та гідрогеологічних умов майданчика	36
3.3. Проектування пальового стовпчастого фундаменту із забивних паль.....	43
3.4. Підбір арматури у плитній частині ростверку	47
3.5. Розрахунок осідання основи пальового фундаменту	48
ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА.....	52
4.1. Технологічна карта на монтаж стінових панелей.....	53
4.2. Розробка календарного графіку будівництва логістичного центру в м. Біла Церква	64
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА	72
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	72
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів (ШНВФ).....	73

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		4

5.1.1. Аналіз параметрів мікроклімату.....	73
5.1.2. Аналіз природного і штучного освітлення	75
5.1.3. Аналіз вібрації та шуму	75
5.1.4. Аналіз електробезпеки	76
5.1.5. Аналіз інших небезпечних факторів під час монтажних робіт	77
ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....	81
6.1. Основи ціноутворення у будівництві.....	82
6.2. Вихідні дані для розрахунку кошторису.....	83
6.3. Техніко-економічні показники проекту	83
6.4. Кошторисна документація.....	84
СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	93
7.1. Розрахунок панелі-оболонки КЗС прольотом 24 м	94
7.1.1. Розрахунок панелі-оболонки КЗС за несучою здатністю та стійкістю.....	94
7.1.2. Геометрія панелі-оболонки КЗС на приопорних ділянках	96
7.1.3. Підбір торцевої арматури і анкерів	98
7.1.4. Характеристики попереднього напруження	99
7.1.5. Розрахунок міцності похилих перерізів	101
7.1.6. Розрахунок поля оболонки на згин між діафрагмами (уздовж твірної)	103
7.1.7 Підбір перерізу арматури оболонки.....	107
7.1.8 Перевірка міцності з'єднання оболонки з діафрагмою	108
7.1.9. Розрахунок панелі-оболонки КЗС за II-ою групою граничних станів	109
ВИСНОВКИ	111

ВСТУП

Консультант _____ Кріпак В. Д. _____ / _____ /

Здобувачка _____ Сидорець О. В. _____ / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		6

Будівництво логістичного центру є важливим етапом розвитку інфраструктури будь-якого регіону, оскільки такі об'єкти сприяють підвищенню ефективності транспортування, зберігання та розподілу товарів. Логістичний центр забезпечує централізоване управління товарними потоками, що дозволяє знизити витрати на логістику, скоротити час доставки та підвищити загальну конкурентоспроможність бізнесу.

Місто Біла Церква є важливим економічним центром Київської області і розвиток логістичної інфраструктури в цьому регіоні має велике значення для покращення економічних зв'язків не тільки в межах області, а й на загальноукраїнському рівні. Зведення сучасного логістичного центру в м. Біла Церква сприятиме залученню інвестицій, зміцненню регіональної економіки, та створенню нових робочих місць.

У даній кваліфікаційній роботі розглядаються етапи проектування та будівництва логістичного центру в м. Біла Церква зі збірних залізобетонних конструкцій. Будівля являє собою основне складське приміщення для зберігання товарів, їх сортування, комплектування та підготовки до подальшої доставки, з прибудованим адміністративно-побутовим корпусом, який забезпечить комфортні умови праці персоналу та ефективне управління діяльністю центру.

Особливість проекту є використання в якості несучих конструкцій покриття панелей-оболонок КЗС, перевагами яких є перекриття досить великих прольотів, зниження витрат матеріалів та спрощення технології монтажу.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра

Кількість сторінок: 113.

Кількість сторінок основного тексту: 99.

Кількість таблиць: 21.

Кількість рисунків: 19.

Кількість використаних джерел: 23.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		7

АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

Консультант Чирва Т. Л. / _____ /

Здобувачка Сидорець О. В. / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		8

1.1. Загальна характеристика об'єкту та майданчика будівництва

Об'єкт будівництва – одноповерховий логістичний центр з прибудованим адміністративно-побутовим двоповерховим корпусом. Призначення об'єкту: прийом, відправлення, сортування та зберігання товарів з метою оптимізації їхнього руху через логістичну мережу.

Клас наслідків будівлі – СС2, категорія відповідальності таких конструкцій, як фундаменти, колони, ригелі – А; плити покриття і перекриття – Б [1].

Приблизний термін експлуатації будівлі – 60 років [2].

Район будівництва – м. Біла Церква, Київська область, Україна.

Природно-кліматичні умови

Температурна зона – І, розрахункове значення температури зовнішнього повітря – 22°C [3].

Кліматичний район – І (північно-західний) [4].

Середня температура повітря за січень: від –5°C до –8°C; середня температура повітря за липень: від 18°C до 20°C. Абсолютний мінімум температури повітря: від –37°C до –40°C; абсолютний максимум температури повітря: від 37°C до 40°C [4].

Кількість опадів за рік: від 550 мм до 700 мм.

Відносна вологість повітря у липні: від 65% до 75% [4].

Середня швидкість вітру у січні: від 3 м/с до 4 м/с [4].

Сніговий район – 5, характеристичне значення снігового навантаження $S_0 = 1520$ Па [2].

Вітровий район – 2, характеристичне значення вітрового навантаження $W_0 = 390$ Па [2].

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		9

1.2. Об'ємно-планувальні рішення

Запроектована складська будівля має розміри в осях: 120 × 48 м. Кількість прольотів – 2, ширина кожного прольоту 24 м. Вісь 6 ділить будівлю на два блоки деформаційним швом, довжина кожного блоку 60 м. Висота будівлі до низу несучих конструкцій покриття 6 м.

Прибудована двоповерхова адміністративно-побутова будівля відділена від складської деформаційним швом та має розміри в осях: 12×48 м; висота кожного поверху 3,3 м. У ній розміщені санітарно-побутові приміщення, приміщення охорони здоров'я, громадського харчування, охорони праці, управління.

За нульову відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги будівлі.

1.3. Конструктивні рішення

Конструктивна система будівлі – каркасна. Каркас виконано зі збірних залізобетонних конструкцій, використання яких значно скоротить терміни будівництва.

Колони. Несучі крайні та середні збірні залізобетонні колони розміщені з кроком 12 м, по торцях будівлі встановлено фахверкові залізобетонні колони з кроком 12 м для кріплення стінових панелей. Колони по осі 6 розташовані по обидві сторони та зміщені на 500 м від неї. Верх колон знаходиться на відмітці +4,900 м.

Збірні залізобетонні колони адміністративно-побутового корпусу виготовляються постійного перерізу довжиною на 2 поверхи і розміщуються з кроком 6 м, за винятком місць розташування сходових кліток, де розміщуються з кроком 3 м. Крайні колони є одноконсольними, середні – двоконсольними.

Фундаменти. Під кожною колоною влаштовано пальовий фундамент із забивних паль, підколонники виконані із збірного залізобетону. По периметру

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		10

будівлі влаштовано пальовий фундамент під стінові панелі. Верх фундаментів знаходиться на відмітці -0,150 м.

По периметру будівлі виконано гідроізоляційне вимощення шириною 1200 мм з похилом від стін $i = 0,125$.

Покриття. Основні конструктивні елементи покриття складської будівлі – крупнорозмірні залізобетонні склепінчасті (КЗС) плити-оболонки шириною 3 м та довжиною 24 м. Вони спираються на діафрагми у вигляді залізобетонних балок довжиною 12 м, які передають навантаження на колони.

Ригелі міжповерхового перекриття і покриття є збірними залізобетонними і розташовані у поперечному напрямку адміністративно-побутового корпусу. Перекриття виконані з багатопустотних панелей висотою 220 мм, довжиною 6 м та 3 м. Для покриття використано збірні залізобетонні ребристі плити висотою 300 мм, довжиною 6 м та 3 м.

Покрівля. Покрівля будівлі виконана з наплавленого руберойду. Основою покрівлі є армована цементно-піщана стяжка товщиною 50 мм, що укладається по утеплювачу.

У будівлі запроєктовано внутрішній водовідвід. У найнижчих місцях розжолобків по осях будівлі розташовано водоприймальні лійки.

Стіни. Нижня частина зовнішніх стін будівлі висотою 1200 мм виконана з тришарових залізобетонних панелей, є самонесучою і спирається на стрічковий фундамент. Стіни вище є навісними тришаровими безкаркасними сендвіч-панелями заводського виготовлення з вертикальною розрізкою і кріпляться до несучих та фахверкових колон за допомогою горизонтально розміщених ригелів з гнутих профілів.

Вікна будівлі є металопластиковими з подвійним заскленням та мають такі розміри: ширина – 3 м, висота – 2,4 м. У місцях розташування сходової клітки ширина вікон 1,5 м, висота – 2,4 м.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		11

Сходова клітка розміщена впоперек адміністративно-побутового корпусу біля зовнішньої стіни. Конструкції сходів запроектовані у вигляді збірних залізобетонних ребристих маршів, що спираються на горизонтальні поверхві та міжповерхві площадки, які спираються на залізобетонні балки довжиною 3 м. Внутрішні стіни сходової клітки є цегляними товщиною 250 мм.

Ворота і двері. Для в'їзду та виїзду вантажного транспорту в будівлі розміщено 12 воріт із залізобетонними рамами, у яких передбачено хвіртки для проходу людей. Із зовнішнього боку воріт влаштовано пандуси з похилом $i = 0,075$. Розміри воріт: 4200 × 4200 мм, розміри стояків та ригелів: 400 × 400 мм.

У адміністративно-побутовий корпус передбачено два входи через вбудовані утеплені тамбури площею 4,35 м². Розміри вхідних дверей: 1000 × 2100 мм. Розміри внутрішніх дверей між приміщеннями: 800 × 2000 мм.

Зв'язки. Для забезпечення просторової жорсткості каркасу будівлі по поздовжніх крайніх та середньому рядах влаштовано вертикальні порталні зв'язки між колонами. У якості діафрагм жорсткості адміністративно-побутового корпусу використано збірні залізобетонні панелі, товщина яких 140 мм.

Підлога складського приміщення має такий склад: основа – ущільнений ґрунт, прошарок щебню товщиною 150 мм, підстильний армованого бетону класу С18/22,5 – 120 мм, покриття – асфальтобетон товщиною 30 мм. У адміністративно-побутовому корпусі в якості покриття використано паркет, що вкладається на шар цементно-піщаної стяжки товщиною 10 мм; у приміщеннях з підвищеною вологістю використано керамічну плитку.

1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій

Середня температура внутрішнього повітря будівлі: $\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова відносна вологість внутрішнього повітря будівлі: $\varphi_{int} = 50\%$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		12

За температури внутрішнього повітря $\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості внутрішнього повітря $\varphi_{int} = 50\%$ відповідно до таблиці Б.1 [3] вологісний режим приміщення є нормальним. За нормального вологісного режиму відповідно до таблиці Б.2 [3] умови експлуатації матеріалів в огорожувальних конструкціях: Б.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель, що опалюються, повинна виконуватись умова [3]: $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$;

де $R_{\Sigma пр}$ – «приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі R_{Σ}), $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ » [3].

R_{qmin} – «мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ » [3].

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховуємо за формулою [5]:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}};$$

де $\alpha_{в}$ та $\alpha_{з}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

R_i – тепловий опір i -го шару конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	13
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Перший шар зовнішньої стіни – алюмінієвий профнастил товщиною $\delta_1 = 5$ мм і густиною $\rho_1 = 2600$ кг/м³; теплопровідність λ_{1p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{1p} = 221$ Вт/(м · К).

Другий шар – утеплювач з мінеральної вати на основі базальтового волокна товщиною $\delta_2 = 190$ мм і густиною $\rho_2 = 100$ кг/м³; теплопровідність λ_{2p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{2p} = 0,048$ Вт/(м · К).

Третій шар – алюмінієвий профнастил товщиною $\delta_3 = 5$ мм і густиною $\rho_3 = 2600$ кг/м³; теплопровідність λ_{3p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{3p} = 221$ Вт/(м · К).

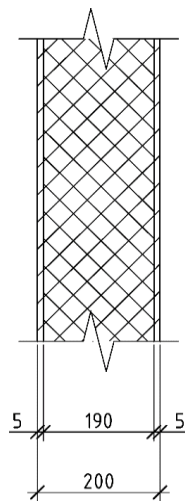


Рис. 1.1 Конструкція зовнішньої стіни

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь стіни за додатком Б [5] дорівнюють: $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м² · К); $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К).

Визначаємо R_{qmin} для зовнішньої стінової огорожувальної конструкції за таблицею 1 [3]: $R_{qmin} = 4$ м² · К/Вт для I температурної зони.

Визначаємо опір теплопередачі зовнішньої стіни R_{Σ} :

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{5 \cdot 10^{-3}}{221} + \frac{190 \cdot 10^{-3}}{0,048} + \frac{5 \cdot 10^{-3}}{221} + \frac{1}{23} = 4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		14

$$R_{\Sigma пр} = 4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{qmin} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Висновок. Приймаємо товщину утеплювача 190 мм, товщина стіни – 200 мм.

Теплотехнічний розрахунок покриття

Перший шар покриття – залізобетон товщиною $\delta_1 = 40$ мм і густиною $\rho_1 = 2500 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність λ_{1p} приймаємо згідно за додатком А [5]: $\lambda_{1p} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Другий шар – пароізоляційна плівка товщиною $\delta_2 = 1$ мм і густиною $\rho_2 = 1600 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність λ_{2p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{2p} = 0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Третій шар – утеплювач з мінеральної вати на основі базальтового волокна товщиною $\delta_3 = 320$ мм і густиною $\rho_3 = 75 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність λ_{3p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{3p} = 0,047 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Четвертий шар – армована цементно-піщана стяжка товщиною $\delta_4 = 50$ мм і густиною $\rho_4 = 1800 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність λ_{4p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{4p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

П'ятий шар – наплавлений руберойд товщиною $\delta_5 = 10$ мм і густиною $\rho_5 = 1000 \text{ кг/м}^3$; теплопровідність λ_{5p} приймаємо за додатком А [5]: $\lambda_{5p} = 0,17 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

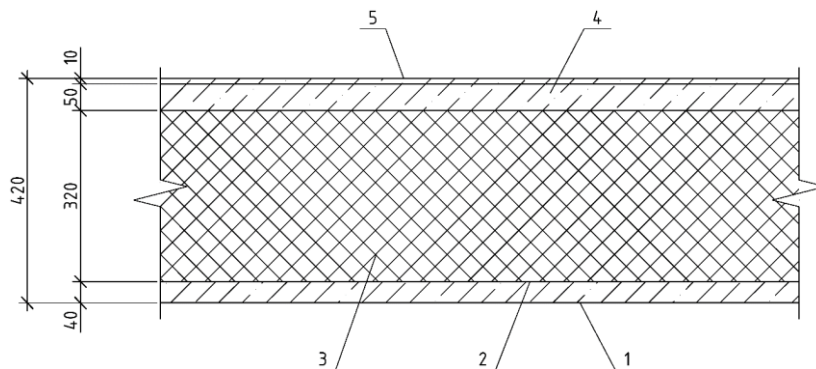


Рис. 1.2 Конструкція покриття

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	15
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь покриття згідно з додатком Б [5] дорівнюють: $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Визначаємо R_{qmin} для зовнішньої стінової огорожувальної конструкції за таблицею 1 [3]: $R_{qmin} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ для I температурної зони.

Визначаємо опір теплопередачі зовнішньої стіни R_{Σ} :

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{40 \cdot 10^{-3}}{2,04} + \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,3} + \frac{320 \cdot 10^{-3}}{0,047} + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0,93} + \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,17} + \frac{1}{23} = 7,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$
$$R_{\Sigma пр} = 7,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} > R_{qmin} = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Висновок. Приймаємо товщину утеплювача 320 мм, товщина покриття – 420 мм.

1.5. Забезпечення будівлі інженерним обладнанням

Опалення. Для складської частини будівлі використана промислова система опалення з інфрачервоними обігрівачами, які забезпечують ефективно і економічно опалення, не вимагаючи значних витрат енергії. Це забезпечить необхідний температурний режим для зберігання товарів.

Для адміністративно-побутового корпусу встановлена традиційна система центрального опалення на основі газових котлів та радіаторів. Це забезпечить комфортні умови для робочого персоналу та відвідувачів.

Вентиляція. У будівлі через відкриті вікна та двері забезпечується природна циркуляція повітря. Окрім цього у складській частині встановлена система примусової вентиляції з притоком свіжого повітря, що допомагає підтримувати оптимальні умови для зберігання товарів.

У адміністративно-побутовій частині встановлена централізована система вентиляції та кондиціонування повітря, яка включає вентиляційні установки,

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		16

кондиціонери та системи фільтрації повітря, що забезпечують чистоту та свіжість повітря всередині приміщень.

Електропостачання. Будівля отримує електропостачання за допомогою кабельних ліній, що підключаються до наявних міських електричних мереж. Додатково встановлюються електричні генератори аварійного живлення для забезпечення неперервного живлення в разі відключення основної мережі.

Водопостачання. Вода для будівлі надходить безпосередньо з міського водопроводу, що забезпечує надійне та стабільне водопостачання. Для забезпечення ефективного розподілу води всередині будівлі, встановлені системи трубопроводів та розподільчі вузли. Вода, що надходить до будівлі, може піддаватися відповідній обробці та очищенню, щоб відповідати стандартам якості та безпеки.

Каналізація. Каналізаційна система будівлі відведена до міської каналізаційної мережі, що забезпечує ефективне видалення відходів та стічних вод з будівлі та дозволяє уникнути забруднення довкілля. Система каналізації включає в себе відповідні каналізаційні труби, колодязі та інші елементи, які забезпечують правильне функціонування системи.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		17

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Консультант Кріпак В. Д. / _____ /

Здобувачка Сидорець О. В. / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		18

2.1. Основні конструктивні елементи будівлі

Плити покриття. У якості конструкцій покриття використано крупнорозмірні залізобетонні склепінчасті (КЗС) панелі-оболонки, що мають розмір у плані: $B \times L = 3 \times 24$ м.

Панелі-оболонки КЗС виготовляються з бетону класу С 30/35, що має такі розрахункові характеристики: $f_{cd} = 19,5$ МПа; $f_{ctk,005} = 2$ МПа; $f_{ctd} = 1,33$ МПа; $E_{cm} = 34,5 \cdot 10^3$ МПа [6].

Для армування плити панелі-оболонки використовується арматура класу В500 ($f_{yd} = 415$ МПа; $E_s = 1,9 \cdot 10^5$ МПа). Напружена арматура прийнята класу А1000 ($f_{pd} = 795$ МПа; $E_p = 1,9 \cdot 10^5$ МПа); спосіб натягу арматури: електротермічний. Діафрагми армуються арматурою класу А500С ($f_{yd} = 415$ МПа; $E_s = 2,1 \cdot 10^5$ МПа) [7].

Ригелі. Панелі-оболонки КЗС з обох боків шарнірно спираються на ригелі. З'єднання ригелів між собою – жостке. Ригелі виготовляються з бетону С 32/40, що має такі розрахункові характеристики: $f_{cd} = 22$ МПа; $E_{cm} = 36 \cdot 10^3$ МПа; $\varepsilon_{cu3,cd} = 2,64 \cdot 10^{-3}$ [6].

Для армування ригелів використовується попередньо напружена арматура класу А1000 ($f_{pd} = 875$ МПа; $E_p = 1,9 \cdot 10^5$ МПа). На опорах прийнято ненапружену поздовжню арматуру класу А500С ($f_{yd} = 435$ Мпа; $E_s = 2,1 \cdot 10^5$ МПа). Поперечна арматура прийнята класу А500С ($f_{ywd} = 300$ Мпа) [7].

Колони. З'єднання ригелів з колонами – шарнірне. Колони виготовляються з бетону С 16/20, що має такі розрахункові характеристики: $f_{cd} = 11,5$ МПа; $E_{cm} = 27 \cdot 10^3$ МПа [6].

Для армування колон використовується арматура класу А400С ($f_{yd} = 365$ МПа; $E_s = 2,1 \cdot 10^5$ МПа). Поперечна арматура прийнята класу А400С ($f_{ywd} = 285$ Мпа) [7].

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		19

2.2. Збір навантажень на несучі конструкції будівлі

Визначаємо висоту перерізу панелі-оболонки в середині прольоту:

$$h = \frac{L}{20} = \frac{24000}{20} = 1200 \text{ мм.}$$

Визначаємо висоту перерізу по осі опори:

$$h_k \geq 0,01 \cdot L = 0,01 \cdot 24000 = 240 \text{ мм}; h_k = 250 \text{ мм.}$$

Визначаємо довжину нижньої ділянки панелі-оболонки біля опор:

$$x_{6-5} \approx 1,5 \cdot h_k = 1,5 \cdot 250 \approx 380 \text{ мм.}$$

Кут нахилу нижньої поверхні оболонки біля опори складає: $\alpha = 27^\circ$.

Визначаємо розрахунковий проліт панелі-оболонки:

$$l_0 \geq L - 2 \cdot 150 = 24000 - 2 \cdot 150 = 23700 \text{ мм.}$$

Визначаємо довжину хорди сегменту:

$$l \geq l_0 - 2 \cdot 50 = 23700 - 2 \cdot 50 = 23600 \text{ мм.}$$

Рівняння параболи обрису верхньої поверхні оболонки панелі:

$$y = 4 \cdot f \cdot x \cdot (l_0 - x) / l_0^2;$$

де f – підйом оболонки в середині прольоту:

$$f = h - h_k = 1200 - 250 = 950 \text{ мм.}$$

Ширина нижнього поясу двох діафрагм $2 \cdot b = 2 \cdot 100 = 200$ мм; ширина панелі-оболонки $b_f = 2940$ мм.

На відстані менше 1 м від осі опори стінки діафрагм мають товщину $b_1 = 100$ мм, товщина решти частини кесону – 50 мм, товщина в інших кесонах – 40 мм. Вертикальні ребра жорсткості мають розміри перерізів 80×80 мм і розміщені з кроком 1,5 м.

У середині прольоту плече внутрішньої пари сил дорівнює:

$$z_0 = 1200 - 40/2 - 50 = 1130 \text{ мм.}$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		20

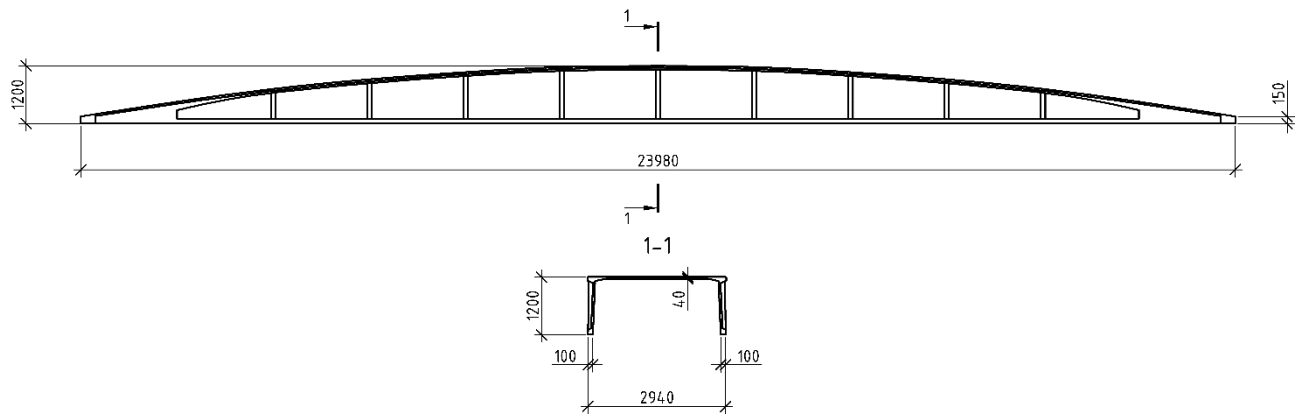


Рис. 2.1. Панель-оболонка КЗС прольотом 24 м

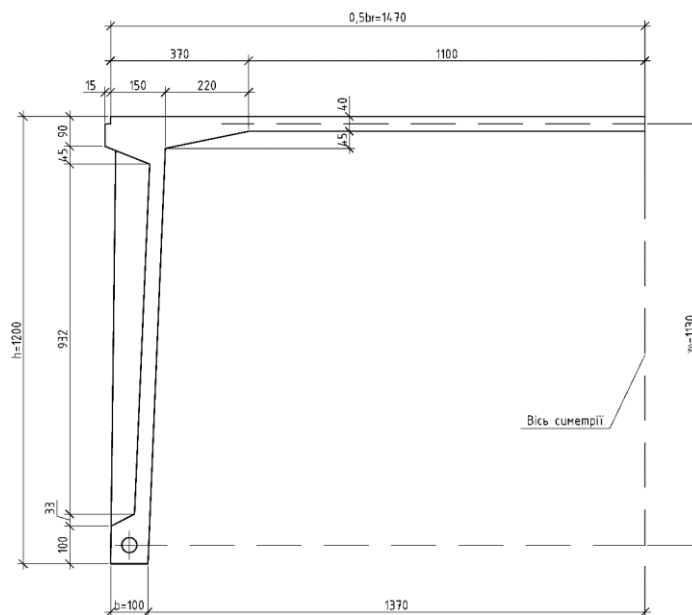


Рис. 2.2. Поперечний переріз панелі-оболонки КЗС

У середині прольоту найбільша висота стінок діафрагм між поясами:

$$h' = 1200 - (80 + 45 + 33 + 100) = 942 \text{ мм.}$$

Цій величині відповідає максимальне значення нерівномірного навантаження g_{\max} , яке замінюємо на еквівалентне по згинальному моменту в середині прольоту панелі-оболонки рівномірно розподілене навантаження. Половина стінки діафрагми, для обчислення згинального моменту M , розділена на трикутник $F_1 = h' \cdot l/4$ і параболічний сегмент $F_2 = h' \cdot l/12$ (рис. 2.3.).

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		21

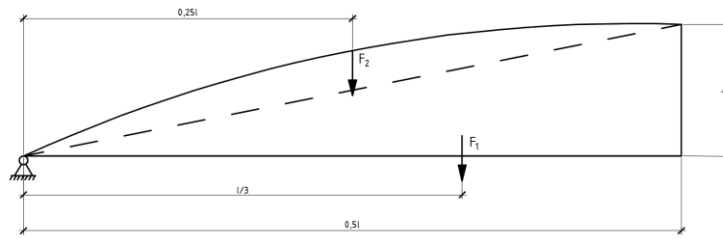


Рис. 2.3. Схема підрахунку навантаження від стінки діафрагми параболічного обрису

Згинальний момент від фактичного навантаження у середині прольоту дорівнює $M' = 5 \cdot g_{\max} \cdot l^2 / 48$. Еквівалентне навантаження по згинальному моменту $q' = 8 \cdot M' / l^2 = 0,833 \cdot g_{\max}$. Врахувавши вагу стінки і ребер жорсткості, маємо: $q' = 1,85$ кН/м або $1,85 / 3 = 0,62$ кН/м².

У таблиці 2.1 приведені значення рівномірно розподілених навантажень для середньої частини прольоту панелі-оболонки КЗС. Клас наслідків будівлі – СС2, категорія відповідальності панелей покриття – Б [2].

Таблиця 2.1

Тип навантаження	Розрахунок за II групою граничних станів			Розрахунок за I групою граничних станів		
	γ_n	γ_f	Розрах. навантаж., кН/м ²	γ_n	γ_f	Розрах. навантаж., кН/м ²
1	2	3	4	5	6	7
Постійне навантаження Вага покрівлі: $g_{\text{пок}} = 1,23$ кН/м ²	0,975	1,0	1,20	1,05	1,3	1,68
Вага полиці панелі: $g_{\text{п}} = 0,04 \cdot 2,5 \cdot 9,81 =$ $= 0,98$ кН/м ²	0,975	1,0	0,96	1,05	1,1	1,13
Вага вута полиці: $g_{\text{в}} = 0,045 \cdot 0,22 \cdot 2,5 \cdot$ $\cdot 9,81 / 3 = 0,08$ кН/м ²	0,975	1,0	0,08	1,05	1,1	0,09
Вага нижнього поясу: $g_{\text{н.п}} = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 2,5 \cdot$ $\cdot 9,81 / 3 = 0,16$ кН/м ²	0,975	1,0	0,16	1,05	1,1	0,18

1	2	3	4	5	6	7
Вага верхнього поясу: $g_{в.п} = 0,11 \cdot 0,08 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 9,81/3 = 0,14 \text{ кН/м}^2$	0,975	1,0	0,14	1,05	1,1	0,16
Вага стінок діафрагм: $g_{д} = 0,62 \text{ кН/м}^2$	0,975	1,0	0,60	1,05	1,1	0,72
Всього (g):			3,14			3,96
Короткочасне навантаження Снігове: $S_0 = 1,52 \text{ кН/м}^2$	0,975	0,49	0,73	1,05	1,04	1,66
Повне навантаження ($g + s$):			3,87			5,62

Вага покрівлі, склад якої наведено в архітектурному розділі:

$$g_{пок} = (0,01 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1,8 + 0,32 \cdot 0,075 + 0,001 \cdot 1,6) \cdot 9,81 = 1,23 \text{ кН/м}^2.$$

Вітрове навантаження не враховуємо, оскільки воно розвантажує панель-оболонку.

Визначаємо розміри поперечного перерізу ригеля:

– висота перерізу:

$$h = \left(\frac{1}{12} \dots \frac{1}{20} \right) \cdot l = \frac{1}{14} \cdot l = \frac{1}{12} \cdot 12000 = 1000 \text{ мм. Приймаємо } h = 1100 \text{ мм.}$$

– ширина перерізу:

$$b = \left(\frac{1}{2} \dots \frac{1}{3} \right) \cdot h = \frac{1}{2} \cdot h = \frac{1}{3} \cdot 1100 = 367 \text{ мм. Приймаємо } b = 350 \text{ мм.}$$

Колону попередньо приймаємо з розміром поперечного перерізу $450 \times 450 \text{ мм}$.

Навантаження на ригель:

– постійне від панелей-оболонки: $q_1 = 3,96 \cdot 24 = 95,04 \text{ кН/м}$.

– постійне від власної ваги:

$$q_2 = 1,1 \cdot 0,35 \cdot 2,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 9,81 = 10,91 \text{ кН/м}$$

– снігове: $q_3 = 1,66 \cdot 24 = 39,84 \text{ кН/м}$.

Навантаження на колону:

– постійне від власної ваги:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		23

$$q_1 = 0,45 \cdot 0,45 \cdot 2,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 9,81 = 5,74 \text{ кН/м.}$$

– вітрове на крайню колону: $W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C \cdot B$;

де $\gamma_{fm} = 1,04$ – «коефіцієнт надійності за розрахунковим граничним значенням снігового навантаження» [2], термін експлуатації – 60 років;

$W_0 = 390 \text{ Па}$ – «характеристичне значення вітрового тиску» [2] для м. Біла Церква;

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d;$$

$$\frac{h_1}{l} = \frac{5,2}{24} = 0,217; \quad \frac{b}{l} = \frac{120}{24} = 50 \Rightarrow C_{ez} = -0,6;$$

C_h – коефіцієнт висоти будівлі, тип місцевості – 4: C_h (до 5 м) = 0,60

$C_{alt} = 1$ – коефіцієнт географічної висоти; $C_{rel} = 1$ – коефіцієнт рельєфу;

$C_{dir} = 1$ – коефіцієнт напрямку; $C_d = 1$ – коефіцієнт динамічності;

$$C_1 = -0,6 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = -0,36;$$

$$W_{m1} = 1,04 \cdot 0,390 \cdot (-0,36) \cdot 12 = -1,75 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Розрахункові зусилля в ригелі та колоні отримуємо за допомогою розрахунку в ПК ЛІРА-САПР (рис. 2.5). Розрахунок ведемо за розрахунковими сполученнями навантажень з відповідними коефіцієнтами: Постійне $\cdot 1 +$ Снігове $\cdot 0,9 +$ Вітрове $\cdot 0,9$.

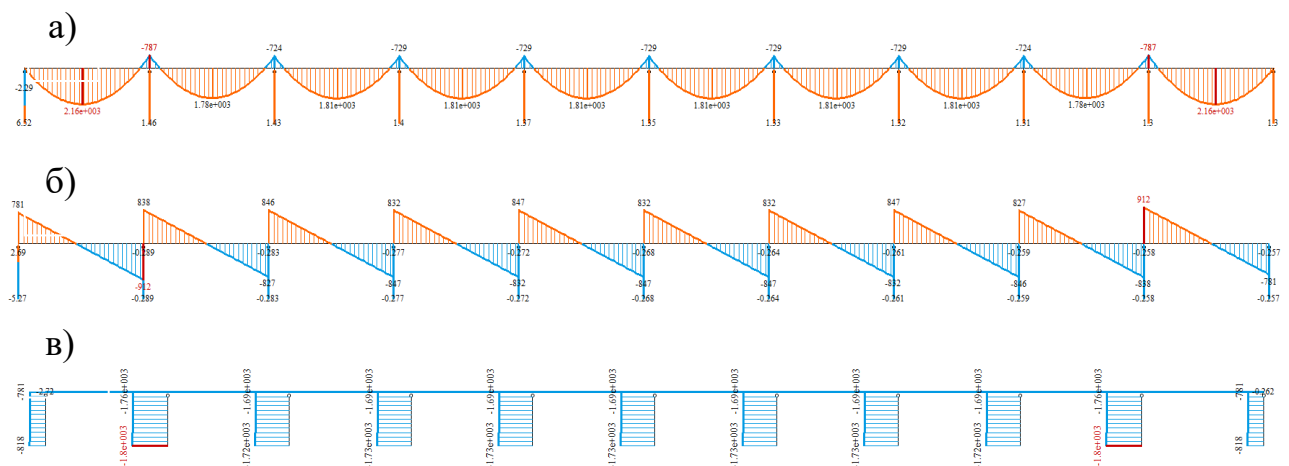


Рис. 2.4. Значення зусиль: а – згинальні моменти; б – поперечні сили, в – поздовжні сили

2.3. Розрахунок ригеля по осі Е

- максимальні зусилля в прольоті: $M_{I-I} = 2156,04$ кНм.
- максимальні зусилля на опори: $M_{II-II} = 787,16$ кНм; $Q_{II-II} = 912,14$ кН.

Визначення необхідної площі арматури у прольоті

Робоча висота поперечного перерізу ригеля:

$$d = h - a = 1100 - 60 = 1040 \text{ мм.}$$

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону згідно з [7]:

$$\xi_R = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + f_{pd}/E_p} = \frac{2,64 \cdot 10^{-3}}{2,64 \cdot 10^{-3} + 795/(1,9 \cdot 10^5)} = 0,387.$$

$$\alpha_m = \frac{M_{I-I}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{2156,04 \cdot 10^6}{22 \cdot 350 \cdot 1040^2} = 0,259.$$

$$\xi = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m}}{0,8} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,259}}{0,8} = 0,382.$$

Перевірка умови $\xi \leq \xi_R$: $\xi = 0,382 < \xi_R = 0,387$ – умова виконується.

ζ – коефіцієнт, що визначається за α_m : $\zeta = 0,847$ при $\alpha_m = 0,259$.

Необхідна площа арматури:

$$A_{sp} = \frac{M_{I-I} - f_{yd} \cdot \zeta_1 \cdot d_1 \cdot A_{s1}}{f_{pd} \cdot \zeta \cdot d},$$

де $A_{s1} = 226 \text{ мм}^2$ (2Ø12A500C) – площа додаткової ненапруженої арматури ($f_{yd} = 435 \text{ МПа}$);

$$d_1 = h - a_1 = 1100 - 45 = 1055 \text{ мм};$$

$$\zeta_1 = 0,852 \text{ при } \alpha_{m1} = \frac{M_{I-I}}{f_{cd} \cdot b \cdot d_1^2} = \frac{2156,04 \cdot 10^6}{22 \cdot 350 \cdot 1055^2} = 0,252.$$

$$A_{sp} = \frac{2156,04 \cdot 10^6 - 435 \cdot 0,852 \cdot 1055 \cdot 402}{795 \cdot 0,847 \cdot 1040} = 2952,55 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо у прольоті ригеля 4Ø32A1000, $A_{sp} = 3216 \text{ мм}^2 > 2952,55 \text{ мм}^2$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		25

Визначення необхідної площі арматури на опорі

Робоча висота поперечного перерізу ригеля:

$$d = h - a = 1100 - 50 = 1050 \text{ мм.}$$

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону відповідно до [7]:

$$\xi_R = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + f_{yd}/E_s} = \frac{2,64 \cdot 10^{-3}}{2,64 \cdot 10^{-3} + 435/(2,1 \cdot 10^5)} = 0,558.$$

$$\alpha_m = \frac{M_{II-II}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{787,16 \cdot 10^6}{22 \cdot 350 \cdot 1050^2} = 0,093.$$

$$\xi = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m}}{0,8} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,093}}{0,8} = 0,122.$$

Перевірка умови $\xi \leq \xi_R$: $\xi = 0,210 < \xi_R = 0,558$ – умова виконується.

ζ – коефіцієнт, що визначається за α_m : $\zeta = 0,950$ при $\alpha_m = 0,093$.

Необхідна площа арматури:

$$A_{s2} = \frac{M_{II-II}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d} = \frac{787,16 \cdot 10^6}{435 \cdot 0,950 \cdot 1050} = 1814,10 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо на опорі ригеля $3\emptyset 28A500C$, $A_{s2} = 1848 \text{ мм}^2 > 1814,10 \text{ мм}^2$.

Отже, остаточно поперечний переріз ригеля: $b \times h = 350 \times 1100 \text{ мм}$.

Визначення геометричних характеристик перерізу ригеля

Площа бетонного перерізу:

$$A_c = b \cdot h = 350 \cdot 1100 = 385000 \text{ мм}^2.$$

Площа поздовжньої арматури перерізу:

$$A_{sp} + A_{s1} + A'_{s1} = 3216 + 226 + 226 = 3688 \text{ мм}^2;$$

де $A'_{s1} = 226 \text{ мм}^2$ – верхня поздовжня ненапружена арматура, що прийнята конструктивно $2\emptyset 12A500C$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		26

$$0,008 \cdot A_c = 0,008 \cdot 385000 = 3080 \text{ мм}^2 < A_{sp} + A_{s1} + A'_{s1} = 3688 \text{ мм}^2,$$

тому при визначення геометричних характеристик перерізу враховуємо поздовжню арматуру.

$$\alpha_{sp} = \frac{E_{sp}}{E_{cm}} = \frac{1,9 \cdot 10^5}{36 \cdot 10^3} = 5,28; \alpha_{s1} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{36 \cdot 10^3} = 5,83.$$

Площа приведенного бетонного перерізу ригеля:

$$A_{red} = A_c + \alpha_{sp} \cdot A_{sp} + \alpha_{s1} \cdot A_{s1} + \alpha_{s1} \cdot A'_{s1} = \\ = 385000 + 5,28 \cdot 3216 + 5,83 \cdot 226 + 5,83 \cdot 226 = 404615,64 \text{ мм}^2.$$

Статичний момент площі приведенного перерізу відносно нижньої грані:

$$S_{red} = 385000 \cdot 550 + 5,28 \cdot 3216 \cdot 60 + 5,83 \cdot 226 \cdot 50 + \\ + 5,83 \cdot 226 \cdot 1050 = 214,22 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Момент інерції відносно центру ваги приведенного перерізу ригеля:

$$I_{red} = \sum_1^4 (I_{0i} + A_i \cdot y_i^2) + \alpha_s \cdot A_{sp} \cdot y^2 = \frac{350 \cdot 1100^3}{12} + 385000 \cdot 20,56^2 + \\ + 5,28 \cdot 3216 \cdot 469,44^2 + 5,83 \cdot 226 \cdot 479,44^2 + 5,83 \cdot 226 \cdot 520,56^2 = \\ = 433,86 \cdot 10^8 \text{ мм}^4.$$

Відстань від центру тяжіння приведенного перерізу до нижньої грані:

$$y = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{214,22 \cdot 10^6}{404615,64} = 529,44 \text{ мм}.$$

Характеристики попереднього напруження

Спосіб натягу арматури – електротермічний; технологія виготовлення ригеля – агрегатно-потокowa з використанням пропарування.

Величину початкового напруження $\sigma_{p,max}$ призначаємо згідно з [7]:

$$0,3 \cdot f_{p0,1k} \leq \sigma_{p,max} \leq 0,8 \cdot f_{pk} \text{ (або } 0,9 \cdot f_{p0,1k}).$$

$$\sigma_{p,max} \geq 0,3 \cdot 955 = 286,5 \text{ МПа};$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		27

$$\sigma_{p,max} \leq 0,8 \cdot 1050 = 840 \text{ МПа}; \sigma_{p,max} \leq 0,9 \cdot 955 = 859,5 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $\sigma_{p,max} = 600 \text{ МПа}$.

Максимальна сила, прикладена до арматури:

$$P_{max} = \sigma_{p,max} \cdot A_p = 600 \cdot 3216 = 1929600 \text{ Н} = 1929,6 \text{ кН.}$$

Миттєві (технологічні) втрати

1. Від релаксації напружень стержневої арматури:

$$\Delta P_r = 0,03 \cdot A_p \cdot \sigma_{p,max} = 0,03 \cdot 3216 \cdot 600 = 57888 \text{ Н} = 57,88 \text{ кН.}$$

2. При використанні пропарювання та електротермічному способі натягу арматури ригель нагрівається разом з упорами та формою, тому $\Delta T = 0$, втрати від температурного перепаду $\Delta P_{\Delta t}$, втрати від деформацій форми і анкерів ΔP_3 та ΔP_4 дорівнюють нулю.

З урахуванням миттєвих втрат величина початкової сили напруження арматури складає:

$$P_{m0} = P_{max} - \Delta P_r - \Delta P_{\Delta t} - \Delta P_3 - \Delta P_4 = 1929,6 - 57,88 = 1871,72 \text{ кН};$$

$$P_{m0} = 1871,72 \text{ кН} \leq 0,75 \cdot f_{pk} \cdot A_p = 0,75 \cdot 1050 \cdot 3216 = 2535,6 \text{ кН};$$

$$P_{m0} = 1871,72 \text{ кН} \leq 0,85 \cdot f_{p0,1k} \cdot A_p = 0,85 \cdot 955 \cdot 3216 = 2610,59 \text{ кН.}$$

Максимальне стискаюче напруження бетону на рівні центру тяжіння напруженої арматури від дії P_{m0} :

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{P_{m0}}{A_{red}} \pm \frac{P_{m0} \cdot e_{op} \cdot y_s}{I_{red}} \pm \frac{M_w \cdot y_s}{I_{red}} = \frac{P_{m0}}{A_{red}} + \frac{(P_{m0} \cdot e_{op} - M_w) \cdot y_s}{I_{red}} = \\ &= \frac{1871,72 \cdot 10^3}{404615,64} + \frac{(1871,72 \cdot 10^3 \cdot 469,44 - 189,89 \cdot 10^6) \cdot 529,44}{433,86 \cdot 10^8} = \\ &= 13,03 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

де M_w – момент від власної ваги ригеля:

$$M_w = g_w \cdot l_0^2 / 8 = 10,91 \cdot 11,8^2 / 8 = 189,89 \text{ кНм};$$

$$e_{op} = y - a_p = 529,44 - 60 = 469,44 \text{ мм.}$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		28

$$\sigma_{cp} = 13,03 \text{ МПа} < 0,9 \cdot f_{cdp} = 0,9 \cdot 24,5 = 22,05 \text{ МПа};$$

де f_{cdp} – передатна міцність бетону, $f_{cdp} = 0,7 f_{ck,cube} = 0,7 \cdot 35 = 24,5 \text{ МПа}$.

Залежні від часу втрати (експлуатаційні)

1. Зусилля натягу з урахуванням втрат, які залежні від часу, викликані повзучістю та усадкою бетону, а також довготривалою релаксацією напружень в арматурі за [8]:

$$\Delta P_{\Delta t}(t) = \Delta \sigma_{p,c+s+r} \cdot A_p;$$

$\Delta \sigma_{p,c+s+r}$ – «втрати попереднього напруження, викликані усадкою і повзучістю бетону та релаксацією напружень в арматурі в момент часу t » [8]:

$$\Delta \sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) \cdot E_p + 0,8 \cdot \Delta \sigma_{pr} + \alpha_s \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{cp}}{1 + \alpha \cdot \frac{A_p}{A_{red}} \cdot \left(1 + \frac{A_{red}}{I_{red}} \cdot e_{0p}^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot \varphi(t, t_0))};$$

$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$ – «очікувані відносні деформації усадки бетону в момент часу $t > 100$ діб» [8];

ε_{ca} – «внутрішня частина усадки, що розвивається в процесі твердіння бетону» [8]:

$$\varepsilon_{ca} = \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca\infty};$$

$$\varepsilon_{ca\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = -2,5 \cdot (29 - 10) \cdot 10^{-6} = -4,75 \cdot 10^{-5};$$

$$\beta_{as} = 1 - e^{(-0,2 \cdot t^{0,5})} = 1 - e^{(-0,2 \cdot 100^{0,5})} = 0,865;$$

$$\varepsilon_{ca} = \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca\infty} = 0,865 \cdot (-4,75 \cdot 10^{-5}) = -4,11 \cdot 10^{-5};$$

ε_{cd} – деформація усадки при випаровуванні із бетону вологи визначаємо за табл. 3.2 [7], без уточнення як $\varepsilon_{cd} = \varepsilon_{cd,0}$, $\varepsilon_{cd} = -4,7 \cdot 10^{-4}$ при відносній вологості у будівлі 50% для бетону класу С 32/40;

$$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = -4,7 \cdot 10^{-4} - 4,11 \cdot 10^{-5} = -5,11 \cdot 10^{-4}.$$

$\varphi(t, t_0)$ – коефіцієнт повзучості бетону за період часу від t_0 до $t = 100$ діб, приймаємо за табл. 3.1 [7] $\varphi(t, t_0) = \varphi(\infty, t_0) = 2,0$;

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		29

σ_{pg0} – «напруження в арматурі, викликані натягом (з врахуванням миттєвих втрат в $t = t_0$) і від дії постійних навантажень» [8]:

$$\sigma_{pg0} = \frac{P_{m,0}}{A_p} + \sigma_{cp} = \frac{1871,72 \cdot 10^3}{3216} + 13,03 = 595,03 \text{ МПа};$$

$\Delta\sigma_{pr}$ – «абсолютна зміна напружень в напруженій арматурі в розрахунковому перерізі, яка викликана релаксацією арматурної сталі» [8].

При $\sigma_p/f_{pk} = 595,03/1050 = 0,6$, приймаючи $\sigma_p = \sigma_{pg0}$, втрати початкового попереднього напруження для 3-го релаксаційного класу арматури складають 1,5%:

$$\Delta\sigma_{pr} = 0,015 \cdot \sigma_{p,max} = 0,015 \cdot 600 = 9 \text{ МПа};$$

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{5,11 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 + 0,8 \cdot 9 + 5,28 \cdot 2,0 \cdot 5,78}{1 + 5,28 \cdot \frac{3216}{404615,64} \cdot \left(1 + \frac{404615,64}{433,86 \cdot 10^8} \cdot 469,44^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot 2,0)} = 123,99 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_{\Delta t}(t) = 123,99 \cdot 3216 = 398752 \text{ Н} = 398,75 \text{ кН}.$$

Середнє значення зусилля попереднього обтискування $P_{m,t}$ в момент часу $t > t_0$ (з врахуванням всіх втрат) не повинно бути більшим, ніж встановлене [7]:

$$P_{m,t} = P_{m,0} - \Delta P_{\Delta t}(t) \leq 0,65 \cdot f_{pk} \cdot A_p;$$

$$P_{m,t} = 1871,72 - 398,75 = 1472,97 \text{ кН} \leq 0,65 \cdot 1050 \cdot 3216 = 2194,92 \text{ кН}.$$

Розрахунок міцності похилих перерізів ригеля

Розглядаємо опору, де діє максимальна поперечна сила: $V_{Ed} = 912,14 \text{ кН}$.

Робоча висота поперечного перерізу ригеля $d = 1050 \text{ мм}$.

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1050}} = 1,44 < 2; \text{ приймаємо } k = 1,44.$$

Коефіцієнт поздовжнього армування ригеля:

$$\rho_1 = \frac{A_{sp} + A_s + A'_s}{b \cdot d} = \frac{3688}{350 \cdot 1050} = 0,010 < 0,02, \text{ приймаємо } \rho_1 = 0,010.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		30

σ_{cp} – напруження в бетоні на рівні центра ваги напруженої арматури;

$$\begin{aligned}\sigma_{cp} &= 13,03 \text{ МПа} > 0,2 \cdot f_{cd} = \\ &= 0,2 \cdot 22 = 4,4 \text{ МПа. Приймаємо } \sigma_{cp} = 4,4 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,3} = 0,138; \gamma_c = 1,3.$$

Визначаємо розрахункову величину опору зсуву бетонного перерізу ригеля:

$$\begin{aligned}V_{Rd,c} &= \left(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck,prism})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b \cdot d = \\ &= \left(0,138 \cdot 1,44 \cdot (100 \cdot 0,010 \cdot 29)^{1/3} + 0,15 \cdot 4,4 \right) \cdot 350 \cdot 1050 = \\ &= 466920 \text{ Н} = 466,92 \text{ кН} < V_{Ed} = 912,14 \text{ кН},\end{aligned}$$

тому розрахунок поперечної арматури виконуємо.

$$\alpha_{cw} = 2,5 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) = 2,5 \cdot \left(1 - \frac{13,03}{22} \right) = 1,02;$$

при $0,5 \cdot f_{cd} = 11 \text{ МПа} < \sigma_{cp} = 13,03 \text{ МПа} < 1 \cdot f_{cd} = 22 \text{ МПа}$.

$$v_1 = 0,6 \text{ при } f_{ck} = 29 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}.$$

Розрахунковий кут нахилу поперечних тріщин:

$$\begin{aligned}(ctg\theta + tg\theta) &= \frac{0,9 \cdot d \cdot \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot v_1}{V_{Ed}} = \\ &= \frac{0,9 \cdot 1050 \cdot 1,02 \cdot 350 \cdot 22 \cdot 0,6}{912,14 \cdot 10^3} = 4,882 \Rightarrow \theta = 21,8^\circ.\end{aligned}$$

Крок поперечної арматури попередньо приймаємо $S_w = 200 \text{ мм}$:

$$S_w \leq \min \left\{ \frac{h}{3} = \frac{1100}{3} = 367; 500; 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 1050 = 787,5 \right\} = 300 \text{ мм}.$$

Необхідна площа розрахункової поперечної арматури у перерізі ригеля:

$$A_{sw} \geq \frac{V_{Ed} \cdot S_w}{0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot ctg\theta} = \frac{912,14 \cdot 10^3 \cdot 200}{0,9 \cdot 1050 \cdot 300 \cdot 2,5} = 257,39 \text{ мм}^2.$$

У ригелі встановлюється три каркаси на приопорних ділянках, тобто переріз одного арматурного стрижня:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		31

$$A_{sw}^{1\text{cmp.}} \geq \frac{257,39}{3} = 85,80 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $\phi 12A500C$ з $A_{sw}^{1\text{cmp.}} = 113 \text{ мм}^2 > 85,8 \text{ мм}^2$.

$$A_{sw} = 3 \cdot 113 = 339 \text{ мм}^2.$$

Площа A_{sw} повинна бути в межах: $A_{sw,min} \leq A_{sw} \leq A_{sw,max}$.

$$A_{sw,min}^I = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot S_w \cdot b_w = \frac{0,08 \cdot \sqrt{22}}{500} \cdot 200 \cdot 350 = 52,53 \text{ мм}^2;$$

$$A_{sw,min}^{II} = S_w \cdot b_w \cdot \rho_w = 200 \cdot 350 \cdot 0,0016 = 112 \text{ мм}^2;$$

$$A_{sw,min} = \max\{A_{sw,min}^I; A_{sw,min}^{II}\} = 112 \text{ мм}^2;$$

$$A_{sw,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot v_1 \cdot S_w}{2 \cdot f_{ywd}} = \frac{1,02 \cdot 350 \cdot 22 \cdot 0,6 \cdot 200}{2 \cdot 300} = 1570,8 \text{ мм}^2.$$

$A_{sw,min} = 112 \text{ мм}^2 \leq A_{sw} = 339 \text{ мм}^2 \leq A_{sw,max} = 1570,8 \text{ мм}^2$ – умова виконується.

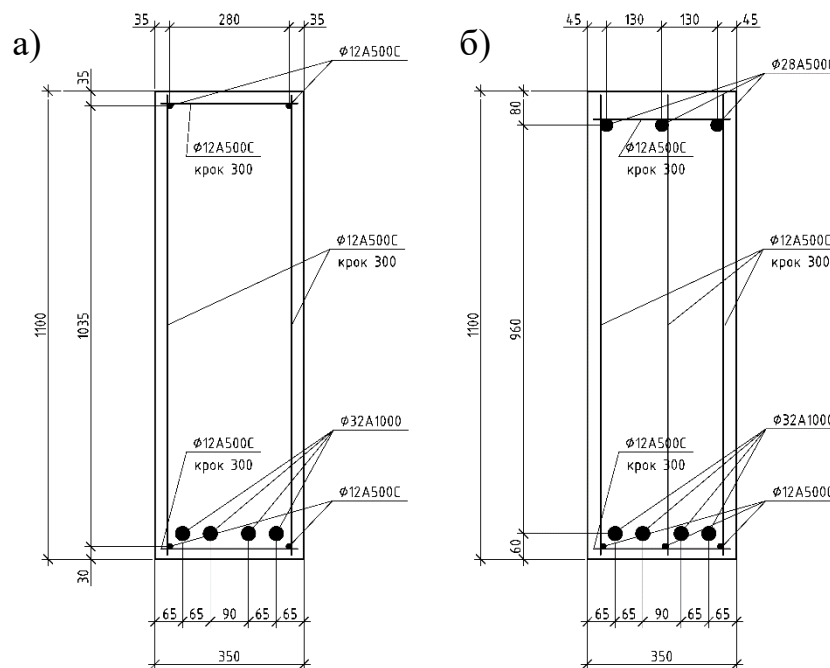


Рис. 2.5. Схема армування ригеля: а – у середині прольоту; б – на опори

2.4. Розрахунок колони по осі Е

Максимальні зусилля у колоні: $N_{Ed} = 1801,06 \text{ кН}$; $M_{Ed} = 0 \text{ кНм}$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	32
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Верх колони знаходиться на відмітці +4,900 м; верх стакану фундаменту знаходиться на відмітці -0,150 м.

Розрахункова довжина колони: $l_0 = 4,9 + 0,15 = 5,05$ м.

Робоча висота поперечного перерізу колони:

$$d = h - a = h - \left(c + \frac{\phi}{2} \right) = 450 - \left(35 + \frac{25}{2} \right) \approx 400 \text{ мм.}$$

Передбачаємо випадок великих ексцентриситетів:

$N_{Ed} = x_{eff} \cdot b \cdot f_{cd} + A_{s1} \cdot f_{yd} - A_{s2} \cdot f_{yd}$; оскільки $A_{s1} = A_{s2}$, то:

$$N_{Ed} = x_{eff} \cdot b \cdot f_{cd} \Rightarrow x_{eff} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot f_{cd}};$$

$$\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{N_{Ed}}{d \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1801,06 \cdot 10^3}{400 \cdot 450 \cdot 11,5} = 0,870.$$

$$\xi_{eff,r} = 0,8 \cdot \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + f_{yd}/E_s} = 0,8 \cdot \frac{3,23 \cdot 10^{-3}}{3,23 \cdot 10^{-3} + 365/(2,1 \cdot 10^5)} = 0,520;$$

$\xi_{eff} = 0,870 > \xi_{eff,r} = 0,520$ – умова $\xi_{eff} \leq \xi_{eff,r}$ не виконується; маємо тут випадок малих ексцентриситетів і $\xi_{eff} \neq 0,870$.

Необхідна площа арматури:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{s1} - \xi_{eff} \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_{eff}) \cdot d^2 \cdot b \cdot f_{cd}}{(d - a_2) \cdot f_{yd}}.$$

Значення e_{s1} та e_{s2} визначаємо залежно від ексцентриситету сили N_{Ed} або від випадкового ексцентриситету e , який приймається не меншим за:

- 1/600 довжини елемента, $e \geq 5050/600 = 8,42$ мм;
- 1/30 висоти перерізу, $e \geq 450/30 = 15$ мм;
- 10 мм.

Ексцентриситет сили N_{Ed} : приймаємо $e = 15$ мм.

$$e_{s1} = 0,5 \cdot h + e - a_1 = 0,5 \cdot 450 + 15 - 50 = 190 \text{ мм};$$

$$e_{s2} = 0,5 \cdot h - e - a_2 = 0,5 \cdot 450 - 15 - 50 = 160 \text{ мм.}$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	33
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{c,eff} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{s2}}{d^2 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1801,06 \cdot 10^3 \cdot 160}{400^2 \cdot 450 \cdot 11,5} = 0,348 > 0,2; \alpha_{c,eff} = 0,2;$$

$$\frac{a_1}{d} = \frac{50}{400} = 0,125 \Rightarrow \xi_{eff} = 0,738.$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{1801,06 \cdot 10^3 \cdot 190 - 0,738 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,738) \cdot 400^2 \cdot 450 \cdot 11,5}{(400 - 50) \cdot 365} = -3004,15 \text{ мм}^2.$$

Робимо висновок, що бетонний переріз колони здатен сприймати навантаження без армування, тому визначаємо необхідну площу арматури з умов мінімального армування:

Мінімальна площа армування відповідно до [7]:

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,1 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,1 \cdot 1801,06 \cdot 10^3}{365} = 493,44 \text{ мм}^2 \\ 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 450^2 = 405 \text{ мм}^2 \end{array} \right. .$$

Приймаємо 2Ø18A400С з обох боків, $A_{s1} = A_{s2} = 508 \text{ мм}^2 > 493,44 \text{ мм}^2$.

Приймаємо діаметр поперечних стержнів Ø12A400С, які розміщені з кроком $s = 300 \text{ мм} < 20 \cdot d = 20 \cdot 18 = 360 \text{ мм}$ і $s = 300 \text{ мм} \leq b = 450 \text{ мм}$.

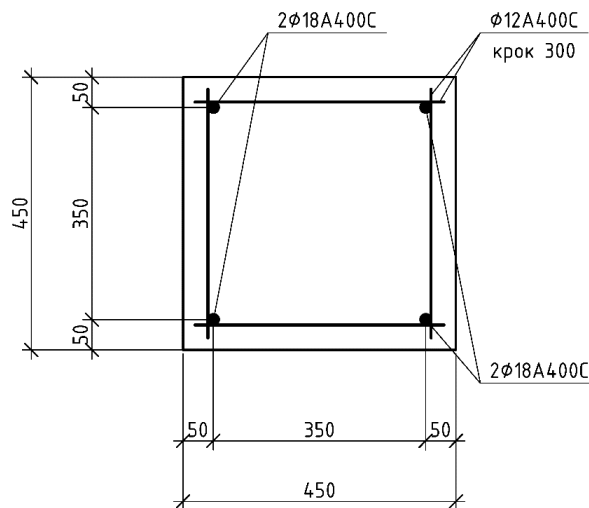


Рис. 2.6. Схема армування колони

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	34
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

Консультант Підлуцький В. Л. / _____ /

Здобувачка Сидорець О. В. / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		35

3.1. Вихідні дані майданчика будівництва

1. Абсолютна позначка рельєфу майданчика (Св. 1): 378,31 м.
2. Рівень ґрунтових вод: 2,8 м від поверхні майданчика.
3. Інженерно-геологічна будова майданчика та характеристики ґрунтів за даними лабораторних досліджень наведено в табл. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1

Основні характеристики ґрунтів майданчика

№ шару	Загальний опис ґрунту	Потужність (товщина) шару, м	Щільність ґрунту, г/см ³		Вологість ґрунту, дол...од.		
			ρ	ρ_s	Природна, w	На межі розкоч., w_p	На межі текуч., w_L
1	Рослинний	0,7	1,65	-	-	-	-
2	Піщаний	5,2	1,72	2,64	0,1	-	-
3	Глинистий	6,7	1,95	2,75	0,19	0,15	0,21
4	Піщаний	7,2	1,72	2,64	0,09	-	-

Таблиця 3.2

Гранулометричний склад піщаних ґрунтів майданчика

Номер шару	Фракція ґрунту (мм), в % по масі					
	> 2,0	1,0 – 2,0	0,5 – 1,0	0,25 – 0,5	0,1 – 0,25	< 0,1
2	2,3	9	16,1	22,6	34,2	15,8
4	3,4	9,6	16,1	21,7	30,4	18,8

3.2. Аналіз геологічних та гідрогеологічних умов майданчика

ІГЕ-1 – рослинний ґрунт потужністю 0,7 м та щільністю $\rho = 1,65$ т/м³. Не використовується як природня основа, оскільки є сильно стисливим та має погані міцнісні властивості.

Питома вага ґрунту: $\gamma = \rho \cdot g = 1,65 \cdot 9,81 = 16,19$ кН/м³.

ПГЕ-2 – піщаний ґрунт потужністю 5,2 м; $\rho = 1,72 \text{ т/м}^3$, $\rho_s = 2,64 \text{ т/м}^3$,
 $w = 0,1$.

Визначаємо за гранулометричним складом (табл. 3.3) повну назву та неоднорідність ґрунту.

Таблиця 3.3

Гранулометричний склад піщаних ґрунтів майданчика

	Ø сит	2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	піддон
1	Фракція, мм	> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	< 0,1
2	Грансклад, %	2,3	9	16,1	22,6	34,2	15,8
3	$\Sigma\%>$ граничного Ø	2,3	11,3	27,4	50	84,2	100
4	$\Sigma\%<$ граничного Ø	97,7	88,7	72,6	50	15,8	0

Висновок: піщаний ґрунт відповідно до [9] – дрібний.

Щоб визначити неоднорідність, необхідно побудувати графік гранулометричного складу (рис. 3.1).

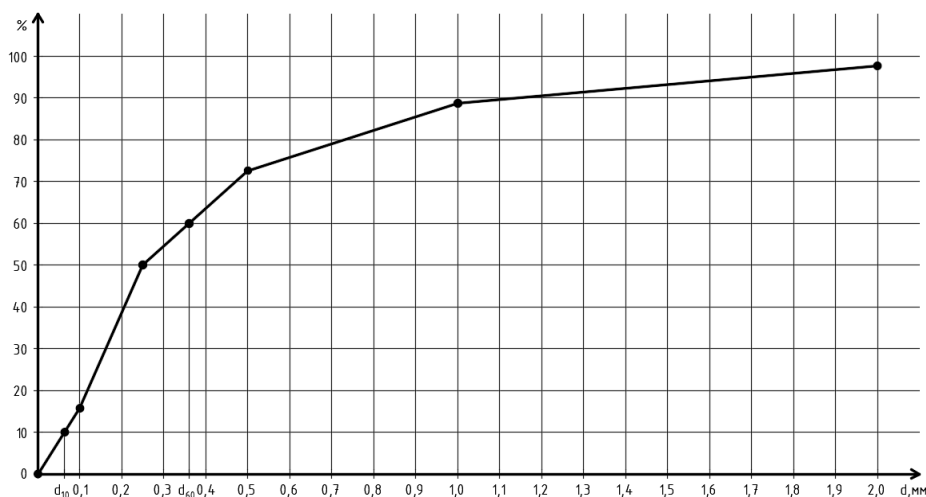


Рис. 3.1. Крива неоднорідності (сумарна крива) гранулометричного складу піщаного ґрунту

За показником неоднорідності $C_u = d_{60}/d_{10} = 0,36/0,06 = 6 > 3$ пісок є неоднорідним.

Питома вага піщаного ґрунту: $\gamma = \rho \cdot g = 1,72 \cdot 9,81 = 16,87 \text{ кН/м}^3$.

Питома вага частинок ґрунту: $\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2,64 \cdot 9,81 = 25,90 \text{ кН/м}^3$.

Коефіцієнт пористості піщаного ґрунту:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + w) - 1 = \frac{2,64}{1,72} \cdot (1 + 0,1) - 1 = 0,69.$$

Пісок за щільністю будови при $0,6 \leq e = 0,69 \leq 0,75$ є середньої щільності.

Ступінь вологості піщаного ґрунту:

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,1 \cdot 2,64}{0,69 \cdot 1} = 0,38, \quad \rho_w = 1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} - \text{щільність води.}$$

Пісок за ступенем водонасичення при $0 < S_r = 0,38 \leq 0,5$ є малого ступеню водонасичення [9].

Повна назва ІГЕ-2: пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.

При $e = 0,69$ кут внутрішнього тертя $\varphi_n = 30,4^\circ$, питома зчеплення $c_n = 1,2 \text{ кПа}$, модуль деформації $E = 24 \text{ МПа}$. Розрахунковий опір $R_0 = 300 \text{ кПа}$.

ІГЕ-2а – частина піщаного шару нижче рівня підземних вод, потужністю 3,1 м, $\rho = 1,72 \text{ т/м}^3$, $\rho_s = 2,64 \text{ т/м}^3$. Ступінь водонасичення: $S_r = 1$.

Повна назва ІГЕ-2а: пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, насичений водою.

Щільність скелету ґрунту (щільність в сухому стані):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{1,72}{1 + 0,1} = 1,56 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}.$$

При $e = 0,69$ кут внутрішнього тертя $\varphi_n = 30,4^\circ$, питома зчеплення $c_n = 1,2 \text{ кПа}$, модуль деформації $E = 24 \text{ МПа}$. Розрахунковий опір $R_0 = 200 \text{ кПа}$.

Максимальна вологість у водонасиченому стані:

$$w_{sat} = w_{max} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s} = \frac{0,69 \cdot 1}{2,64} = 0,26.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		38

Щільність у водонасиченому стані:

$$\rho_{sat} = \rho_d \cdot (1 + w_{sat}) = 1,56 \cdot (1 + 0,26) = 1,97 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3}.$$

Питома вага у водонасиченому стані:

$$\gamma_{sat} = \rho_{sat} \cdot g = 1,97 \cdot 9,81 = 19,33 \frac{\text{кН}}{\text{М}^3}.$$

Щільність у виваженому стані:

$$\rho'_{sat} = \rho_{sat} - \rho_w = 1,97 - 1 = 0,97 \frac{\text{Т}}{\text{М}^3}.$$

Питома вага у виваженому стані:

$$\gamma'_{sat} = \rho'_{sat} \cdot g = 0,97 \cdot 9,81 = 9,52 \frac{\text{кН}}{\text{М}^3}.$$

ІГЕ-3 – глинистий ґрунт потужністю 6,7 м; $\rho = 1,95 \text{ т/М}^3$, $\rho_s = 2,75 \text{ т/М}^3$, $w = 0,19$, $w_L = 0,21$, $w_P = 0,15$.

Число пластичності: $I_P = w_L - w_P = 0,21 - 0,15 = 0,06$.

Назва ґрунту при $0,01 < I_P = 0,06 < 0,07$ – супісок [9].

Показник текучості:

$$I_L = \frac{w - w_P}{I_P} = \frac{0,19 - 0,15}{0,06} = 0,67.$$

За станом при $0 < I_L = 0,67 < 1$ супісок є пластичним [9].

Повна назва глинистого ґрунту – супісок пластичний.

Питома вага ґрунту: $\gamma = \rho \cdot g = 1,95 \cdot 9,81 = 19,13 \text{ кН/М}^3$.

Питома вага частинок ґрунту: $\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2,75 \cdot 9,81 = 26,98 \text{ кН/М}^3$.

Коефіцієнт пористості:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + w) - 1 = \frac{2,75}{1,95} \cdot (1 + 0,1) - 1 = 0,68.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		39

При $e = 0,68$ кут внутрішнього тертя $\varphi_n = 23,1^\circ$, питоме зчеплення $c_n = 12,4$ кПа, модуль деформації $E = 14,2$ МПа.

Розрахунковий опір $R_0 = 225$ кПа при $I_L = 0,67$.

ІГЕ-4 – піщаний ґрунт потужністю 7,2 м; $\rho = 1,72$ т/м³, $\rho_s = 2,64$ т/м³, $w = 0,09$.

Визначаємо за гранулометричним складом (табл. 3.4) повну назву та неоднорідність ґрунту.

Таблиця 3.4

Гранулометричний склад піщаних ґрунтів майданчика

	Ø сит	2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	піддон
1	Фракція, мм	> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	< 0,1
2	Грансклад, %	3,4	9,6	16,1	21,7	30,4	18,8
3	$\Sigma\% >$ граничного Ø	3,4	13	29,1	50,8	81,2	100
4	$\Sigma\% <$ граничного Ø	96,6	87	70,9	49,2	18,8	0

Висновок: піщаний ґрунт відповідно до [9] – середньої крупності.

Щоб визначити неоднорідність, необхідно побудувати графік гранулометричного складу (рис. 3.2).

За показником неоднорідності $C_u = d_{60}/d_{10} = 0,37/0,05 = 7,4 > 3$ пісок є неоднорідним.

Питома вага ґрунту: $\gamma = \rho \cdot g = 1,72 \cdot 9,81 = 16,87$ кН/м³.

Питома вага частинок ґрунту: $\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2,64 \cdot 9,81 = 25,90$ кН/м³.

Коефіцієнт пористості піщаного ґрунту:

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + w) - 1 = \frac{2,64}{1,72} \cdot (1 + 0,09) - 1 = 0,67.$$

Пісок за щільністю будови при $0,55 \leq e = 0,67 \leq 0,7$ є середньої щільності.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		40

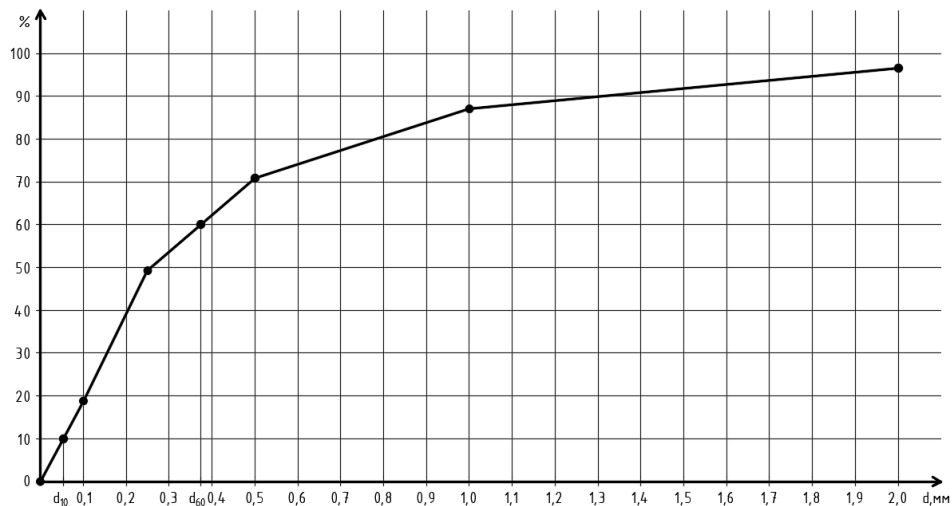


Рис. 3.2. Крива неоднорідності (сумарна крива) гранулометричного складу піщаного ґрунту

Ступінь вологості піщаного ґрунту:

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,09 \cdot 2,64}{0,67 \cdot 1} = 0,35, \quad \rho_w = 1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \text{ — щільність води.}$$

Пісок за ступенем водонасичення при $0 < S_r = 0,35 \leq 0,5$ є малого ступеню водонасичення [9].

Повна назва ПГЕ-4: пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.

При $e = 0,67$ кут внутрішнього тертя $\varphi_n = 35^\circ$, питоме зчеплення $c_n = 1$ кПа, модуль деформації $E = 30$ МПа. Розрахунковий опір $R_0 = 400$ кПа.

Таблиця 3.5

Розрахункові значення фізико-механічних показників ґрунтів

Номер ПЕ	Повне найменування ґрунту	Для розрахунку за II-ою групою граничного стану						Для розрахунку за I-ою групою граничного стану		
		Питома вага ґрунту γ_r , кН/м ³	Питоме зчеплення c_r , кПа	Кут внутрішнього тертя φ_r , град	Модуль деформації E , МПа	Розрахунковий опір R_0 , кПа	Питома вага ґрунту γ_r , кН/м ³	Питоме зчеплення c_r , кПа	Кут внутрішнього тертя	
1	Рослинний ґрунт	16,19	-	-	-	-	15,42	-	-	
2	Пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення	16,87	1,2	30,4	24	300	16,07	0,80	27,63	
2а	Пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, насичений водою	19,33/ 9,52	1,2	30,4	24	200	19,41/ 9,07	0,80	27,63	
3	Супісок пилюватий пластичний	19,13	12,4	23,1	14,2	225	18,22	8,27	21,00	
4	Пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення	16,87	1	35	30	400	16,07	0,67	31,82	

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

Інженерно-геологічний розріз
Масштаб вертикальний 1:100

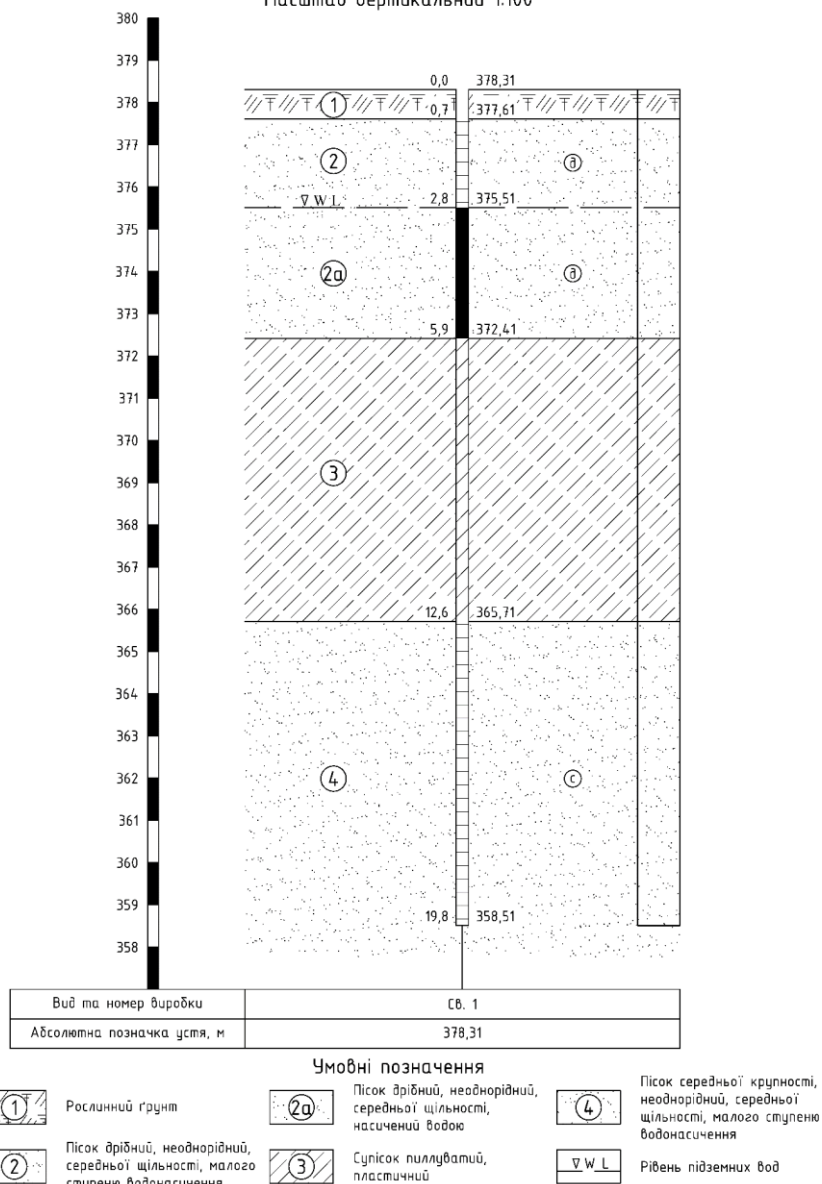


Рис. 3.3. Інженерно-геологічний розріз

3.3. Проектування пального стовпчастого фундаменту із забивних паль

Визначення глибини закладання підшви ростверку

Глибину закладання підшви ростверку визначаємо за алгоритмом, наведеним у [10]:

1. За геологічними умовами: $d_1 = h_{cl} + 0,2 \dots 0,4 = 0,7 + 0,2 = 0,9$ м.

2. За кліматичними умовами: $d_2 = d_f + 0,2 \dots 0,4 = 0,85 + 0,2 = 1,05$ м,

де d_f – розрахункова глибина промерзання ґрунту:

$$d_f = K_h \cdot d_{fn} = 0,5 \cdot 1,27 = 0,64 \text{ м};$$

K_h – коефіцієнт впливу теплового режиму будинку, $K_h = 0,5$ при конструкції підлоги по ґрунту і температурі повітря в приміщеннях $t = 20^\circ\text{C}$.

3. За конструктивними особливостями:

$$d_3 \leq d_w = d_{\text{РГВ}} - h_k = 2,8 - 1 = 1,8 \text{ м.}$$

Приймаємо глибину стакану колони 0,9 м, товщину ростверку нижче дна стакану – 0,5 м.

Отже, глибина закладання підшва ростверку:

$$1,05 \text{ м} < d = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ м} < 1,8 \text{ м.}$$

Визначення несучої здатності палі по ґрунту

Відповідно до ґрунтових умов і фізико-механічних властивостей ґрунтів, палю необхідно заглибити в пісок середньої крупності (ІГЕ-4) мінімум на 1 м.

Поперечний переріз палі приймаємо: $0,35 \times 0,35$ м, довжина: $l_{\text{палі}} = 13$ м.

Несуча здатність висячої палі згідно з [11]:

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{CR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_{cf,i} \cdot f_i \cdot h_i \right),$$

де $\gamma_c = 1$, $\gamma_{CR} = 1$, $\gamma_{cf} = 1$ – при зануренні палі дизель-молотами;

$A = 0,35 \cdot 0,35 = 0,12 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу палі;

$u = 4 \cdot 0,35 = 1,4 \text{ м}$ – периметр поперечного перерізу палі;

$R = 4320 \text{ кПа}$ – розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі (для піску середньої крупності при глибині нижнього кінця палі від природного рельєфу 14,0 м).

Розбиваємо товщу ґрунту на елементарні шари h_i (до 2 м), визначаємо середню глибину розміщення кожного елементарного шару від поверхні ґрунту (рис. 3.4.) та розрахунковий опір кожного шару ґрунту по бічній поверхні палі f_i :

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		44

Тоді розрахункове допустиме навантаження на одиничну палю:

$$N_{\pi} \leq \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{1011,54}{1,4} = 722,53 \text{ кН};$$

коефіцієнт надійності $\gamma_k = 1,4$ при визначенні несучої здатності за нормами.

Проектування пального фундаменту під колону

Навантаження на фундамент (рис. 2.4):

$$N = 1801,06 \text{ кН}; M = 1,53 \text{ кНм}; Q = 0,29 \text{ кН}.$$

Необхідна кількість паль у фундаменті:

$$n = \frac{N \cdot k_M}{N_{\pi}} = \frac{1801,06 \cdot 1,0}{722,53} = 2,49;$$

де k_M – коефіцієнт, який враховує позацентрове навантаження:

$$k_M = 1 + \frac{\Sigma M}{3 \cdot N} = 1 + \frac{M + Q_I \cdot h_p}{3 \cdot N} = 1 + \frac{1,53 + 0,29 \cdot 1,3}{3 \cdot 1801,06} = 1,0.$$

Приймаємо кількість паль $n = 3$. Мінімальна відстань між палями:

$$l_{min} = 3 \cdot d = 3 \cdot 0,35 = 1,05 \text{ м}.$$

Перевірка навантаження на палю

Вага ростверку і ґрунту на його обрізах:

$$F_{1,p} = A_p \cdot h_p \cdot \gamma_0 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 2,17 \cdot 1,3 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 65,17 \text{ кН}.$$

Загальне навантаження на фундамент:

$$\Sigma N = N + F_{1,p} = 1801,06 + 65,17 = 1866,23 \text{ кН};$$

$$\Sigma M = M + Q_I \cdot h_p = 1,53 + 0,29 \cdot 1,3 = 1,91 \text{ кНм};$$

$$N_{max,min} = \frac{\Sigma N}{n} \pm \frac{\Sigma M \cdot x}{\Sigma x^2} = \frac{1866,23}{3} \pm \frac{1,91 \cdot 0,525}{2 \cdot 0,525^2} = 622,08 \pm 1,82 \text{ кН};$$

$$N_{mt} = 622,08 \text{ кН} < N_{\pi} = 722,53 \text{ кН};$$

$$N_{min} = 622,08 - 1,82 = 620,26 \text{ кН} > 0.$$

$$N_{max} = 622,08 + 1,82 = 623,90 \text{ кН} < 1,2 \cdot N_{\pi} = 1,2 \cdot 722,53 = 867,04 \text{ кН}.$$

Усі умови виконуються – конструємо фундамент з 3 паль (рис. 3.5).

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		46

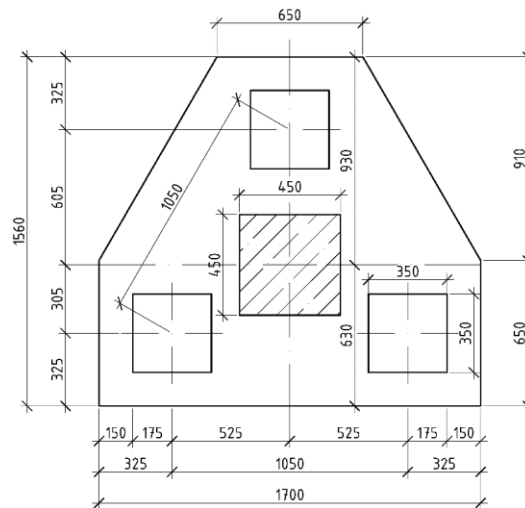


Рис. 3.5. Ростверк фундаменту

3.4. Підбір арматури у плитній частині ростверку

Ростверк виготовляється з бетону С 25/30, що має такі розрахункові характеристики: $f_{cd} = 17$ МПа; $\varepsilon_{cu3,cd} = 3,0 \cdot 10^{-3}$ [6]. Для армування ростверку прийнято арматуру класу А500С ($f_{yd} = 435$ МПа; $E_s = 2,1 \cdot 10^5$ МПа) [7].

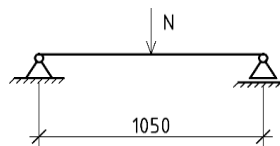


Рис. 3.6. Розрахункова схема плитної частини ростверку

Момент у прольоті: $M_{пр} = N \cdot l/4 = 1801,06 \cdot 1,05/4 = 472,92$ кНм.

Робоча висота поперечного перерізу: $d = h - a = 500 - 70 = 430$ мм.

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону:

$$\xi_R = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + f_{yd}/E_s} = \frac{3,0 \cdot 10^{-3}}{3,0 \cdot 10^{-3} + 435/(2,1 \cdot 10^5)} = 0,592.$$

$$\alpha_m = \frac{M_{пр}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{472,92 \cdot 10^6}{17 \cdot 1050 \cdot 430^2} = 0,143.$$

$$\xi = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m}}{0,8} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,143}}{0,8} = 0,194.$$

Перевірка умови $\xi \leq \xi_R$: $\xi = 0,194 < \xi_R = 0,592$ – умова виконується.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	47
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

ζ – коефіцієнт, що визначається за α_m : $\zeta = 0,922$ при $\alpha_m = 0,143$.

Необхідна площа арматури у плитній частині ростверку:

$$A_s = \frac{M_{пр}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d} = \frac{472,92 \cdot 10^6}{435 \cdot 0,922 \cdot 430} = 2742,20 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо крок стержнів 200 мм. Визначаємо кількість стержнів:

$$n = \frac{1700 - 50 \cdot 2}{200} + 1 = 9.$$

Необхідна площа одного арматурного стержня:

$$A_{s1} = \frac{A_s}{n} = \frac{2742,20}{9} = 304,69 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $\emptyset 20A500C$ ($A_{s1} = 314 \text{ мм}^2 > 304,69 \text{ мм}^2$) з кроком 200 мм в обох напрямках (рис. 3.6).

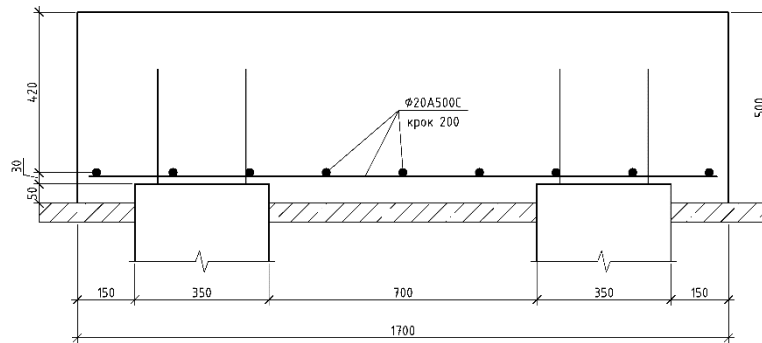


Рис. 3.6. Армуння плитної частини ростверку

3.5. Розрахунок осідання основи пального фундаменту

Розрахунок виконуємо методом пошарового підсумовування.

Будуємо «умовний фундамент», для чого проводимо лінії під кутом α від бічної поверхні паль крайнього ряду, починаючи від рівня підшви ростверку, до перетину з площиною, яка проходить через нижні кінці паль.

$$\alpha = \varphi_{mt}/4 = 27,07^\circ/4 = 6,77^\circ;$$

$$\varphi_{mt} = \frac{\varphi_2 \cdot h_2 + \varphi_2 \cdot h'_2 + \varphi_3 \cdot h_3 + \varphi_4 \cdot h_4}{h_2 + h'_2 + h_3 + h_4} =$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		48

$$= \frac{30,4 \cdot 1,3 + 30,4 \cdot 3,1 + 23,1 \cdot 6,7 + 35 \cdot 1,5}{1,3 + 3,1 + 6,7 + 1,5} = 27,07^\circ.$$

Визначаємо ширину $b_{ум}$ довжину $l_{ум}$ та площу $A_{ум}$ умовного фундаменту:

$$b_{ум} = d_1 + 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot l = 1400 + 2 \cdot \operatorname{tg} 6,77^\circ \cdot 12700 = 4415 \text{ мм};$$

$$l_{ум} = d_2 + 2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot l = 1260 + 2 \cdot \operatorname{tg} 6,77^\circ \cdot 12700 = 4275 \text{ мм};$$

$$A_{ум} = b_{ум} \cdot l_{ум} = 4,415 \cdot 4,275 = 18,87 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо середній тиск на підшві «умовного фундаменту»:

$$p = \frac{\Sigma N}{A_{ум}} = \frac{6787,86}{18,87} = 359,72 \text{ кПа},$$

де ΣN – повне навантаження на підшві фундаменту:

$$\begin{aligned} \Sigma N &= N_{II} + N_{гр} + N_{\phi} = \frac{N \cdot \gamma_n^{II} \cdot \gamma_f^{II}}{\gamma_n^I \cdot \gamma_f^{II}} + V \cdot \gamma_0 = \\ &= \frac{1895,19 \cdot 0,975 \cdot 1}{1,05 \cdot 1,2} + 18,87 \cdot 14,1 \cdot 20 = 6787,86 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Будуємо епюру природного тиску: $\sigma_{zg,i} = \Sigma \gamma_i \cdot h_i$.

Напруження від власної ваги ґрунту визначаємо в характерних точках:

- На підшві першого шару:

$$\sigma_{zg,1} = \gamma_1 \cdot h_1 = 16,19 \cdot 0,7 = 11,33 \text{ кПа};$$

- На рівні підземних вод:

$$\sigma'_{zg,2} = \sigma_{zg,1} + \gamma_2 \cdot h'_2 = 11,33 + 16,87 \cdot 2,1 = 46,76 \text{ кПа};$$

- На рівні підшви другого шару:

$$\sigma''_{zg,2} = \sigma'_{zg,2} + \gamma'_{sat} \cdot h_w = 46,76 + 9,52 \cdot 3,1 = 76,27 \text{ кПа};$$

- На рівні покрівлі третього шару з врахуванням тиску води:

$$\sigma'_{zg,3} = \sigma''_{zg,2} + \gamma_w \cdot h_w = 76,27 + 10 \cdot 3,1 = 107,27 \text{ кПа};$$

- На рівні підшви третього шару:

$$\sigma''_{zg,3} = \sigma'_{zg,3} + \gamma_3 \cdot h_3 = 107,27 + 19,13 \cdot 6,7 = 235,44 \text{ кПа};$$

- На рівні підшви фундаменту:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		49

$$\sigma_{zg,0} = \sigma''_{zg,3} + \gamma_4 \cdot h'_4 = 235,44 + 16,87 \cdot 1,5 = 260,75 \text{ кПа};$$

– На рівні підоснови четвертого шару:

$$\sigma_{zg,4} = \sigma''_{zg,3} + \gamma_4 \cdot h_4 = 235,44 + 16,87 \cdot 7,2 = 356,90 \text{ кПа}.$$

Будуємо епюру природного тиску: $\sigma_{zp,i} = \alpha_i \cdot \sigma_{zp,0}$.

Розбиваємо товщу ґрунтів на елементарні шари товщиною h_i :

$$h_i = 0,4 \cdot b_{\text{ум}}; h_i = 0,4 \cdot 4,415 \approx 1,8 \text{ м}.$$

Додатковий тиск на рівні підоснови фундаменту:

$$\sigma_{zp,0} = p - \sigma_{zg,0} = 359,72 - 260,75 = 98,97 \text{ кПа}.$$

Додатковий тиск у характерних точках:

$$\text{T. 1: } \sigma_{zp,1} = \alpha_1 \cdot \sigma_{zp,0} = 0,790 \cdot 98,97 = 78,19 \text{ кПа};$$

$$z_1 = 1,8 \text{ м}; \xi_1 = \frac{2 \cdot z}{b_{\text{ум}}} = \frac{2 \cdot 1,8}{4,415} = 0,82; \alpha_1 = 0,790.$$

$$\text{T. 2: } \sigma_{zp,2} = \alpha_2 \cdot \sigma_{zp,0} = 0,441 \cdot 98,97 = 43,65 \text{ кПа};$$

$$z_2 = 3,6 \text{ м}; \xi_2 = \frac{2 \cdot z}{b_{\text{ум}}} = \frac{2 \cdot 3,6}{4,415} = 1,63; \alpha_2 = 0,441.$$

$$\text{T. 3: } \sigma_{zp,3} = \alpha_3 \cdot \sigma_{zp,0} = 0,250 \cdot 98,97 = 24,74 \text{ кПа};$$

$$z_3 = 5,4 \text{ м}; \xi_3 = \frac{2 \cdot z}{b_{\text{ум}}} = \frac{2 \cdot 5,4}{4,415} = 2,45; \alpha_3 = 0,250.$$

$$\text{T. 3: } \sigma_{zp,3} = \alpha_3 \cdot \sigma_{zp,0} = 0,232 \cdot 98,97 = 22,96 \text{ кПа};$$

$$z_3 = 5,4 \text{ м}; \xi_3 = \frac{2 \cdot z}{b_{\text{ум}}} = \frac{2 \cdot 5,7}{4,415} = 2,58; \alpha_3 = 0,232.$$

Визначаємо потужність стисливої зони ($0,2 \cdot \sigma_{zg,i} > \sigma_{zp,i}$):

$$\text{T. 2: } 0,2 \cdot \sigma_{zg,2} = 0,2 \cdot 321,48 = 64,30 \text{ кПа} > \sigma_{zp,2} = 43,65 \text{ кПа}.$$

Отже, потужність стисливої зони $H_c = h_{0-2} = 3,6 \text{ м}$.

Визначаємо осідання для кожного елементарного шару:

$$S_{0-1} = \beta \cdot \frac{\left(\frac{\sigma_{zp,0} + \sigma_{zp,1}}{2}\right) \cdot h_{0-1}}{E_{\text{ІГЕ-2}}} = 0,8 \cdot \frac{\left(\frac{98,97 + 78,19}{2}\right) \cdot 1,8 \cdot 10^2}{30 \cdot 10^3} = 0,43 \text{ см};$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		50

$$S_{1-2} = \beta \cdot \frac{\left(\frac{\sigma_{zp,1} + \sigma_{zp,2}}{2}\right) \cdot h_{1-2}}{E_{IГЕ-2}} = 0,8 \cdot \frac{\left(\frac{78,19 + 43,65}{2}\right) \cdot 1,8 \cdot 10^2}{30 \cdot 10^3} = 0,29 \text{ см.}$$

Загальне осідання основи фундаменту: $S = \sum S_i = 0,43 + 0,29 = 0,72 \text{ см.}$

Нормативне значення осідання фундаменту згідно з [11] $S_{max} = 10 \text{ см;}$

$$S = 0,72 \text{ см} \leq S_{max} = 10 \text{ см} - \text{умова виконується.}$$

Висновок: розміри фундаменту достатні, прогнозована величина осідання фундаменту є меншою за граничне значення.

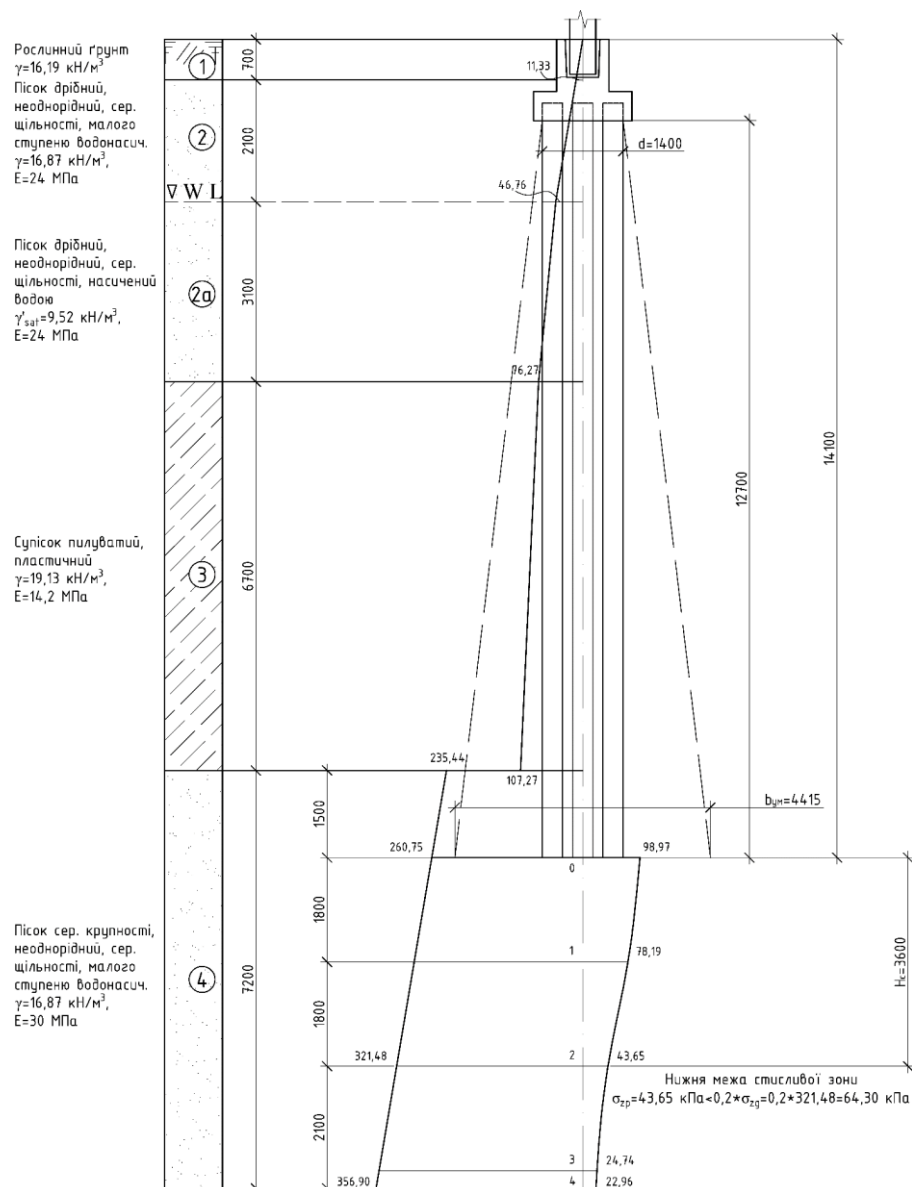


Рис. 3.7. Розрахунок осідання основи пального фундаменту

ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

Консультант Шпакова Г. В. / _____ /

Здобувачка Сидорець О. В. / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		52

4.1. Технологічна карта на монтаж стінових панелей

Технологія монтажу стінових панелей

Нижня частина зовнішніх стін логістичного центру виконана з тришарових залізобетонних панелей висотою 1200 мм. Стіни вище – навісні тришарові сендвіч-панелі заводського виготовлення з вертикальною розрізкою. Максимальна висота сендвіч-панелі – 6600 мм.

Процес монтажу стінових панелей включає:

- Очищення місць встановлення панелей.
- Улаштування постілі з готового розчину для залізобетонних панелей.
- Установлення залізобетонних панелей з вивіркою ряду.
- Замонолічування швів залізобетонних панелей.
- Установлення металевих прогонів для закріплення сендвіч-панелей.
- Установлення сендвіч-панелей у вертикальне положення.
- Закріплення сендвіч-панелей.
- Герметизація швів сендвіч-панелей.

Монтаж стінових панелей виконується після встановлення основних конструктивних елементів будівлі: збірні залізобетонні колони, ригелі, панелі перекриття та покриття, сходові марші, плити-оболонки КЗС.

Вибір монтажних пристосувань

Монтажне пристосування для кожного елемента обирається з урахуванням його маси і габаритів. Дані про оснастку елементів наведено в табл. 4.1.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		53

Таблиця 4.1

Монтажне пристосування конструктивних елементів

№	Конструктивний елемент	Найбільша маса елемента, т	Монтажне пристосування	Характеристики монтажного пристосування		
				Маса q_3 , т	Висота h_3 , м	вантажопідйомність P_3 , т
1	2	3	4	5	6	7
1	Колони	2,86	Траверса балочного типу та вилковий захоплювач	0,15	1,5	До 5
2	Ригелі	11,55	Траверса балочного типу	0,6	5,0	До 15
3	Панелі перекриття	2,85	Строп 4-гілковий	0,5	3,5	До 8
4	Панелі покриття	2,61	Строп 4-гілковий	0,5	3,5	До 8
5	Сходинокві марші	1,60	Строп 4-гілковий	0,25	4,0	До 4
6	Плити-оболонки КЗС	10	Спеціальна траверса фермового типу	3,3	5,0	До 15
7	Залізобетонні стінові панелі	2,13	Траверса балочного типу	0,35	2,5	До 2,5
8	Стінові сендвіч-панелі	0,2	Самостійний захоплювач та строп 2-гілковий	0,25	2,5	До 2,5

Таблиця 4.2

Монтажні характеристики конструктивних елементів

№	Конструктивний елемент	Монтажна маса Q_m , т			Монтажна висота H_m , м	Монтажний виліт L_m , м
		елементу	монтажного пристосування	загальна		
1	2	3	4	5	6	7
1	Колони	2,86	0,15	3,01	7,65	6,55
2	Ригелі	11,55	0,6	12,15	11,65	6,55
3	Панелі перекриття	2,85	0,5	3,35	7,72	17,95
4	Панелі покриття	2,61	0,5	3,11	11,1	17,95
5	Сходові марші	1,60	0,25	1,85	7,72	9,55

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		54

1	2	3	4	5	6	7
6	Плити-оболонкм КЗС	10	3,3	13,3	13,35	6,55
7	Залізобетонні стінові панелі	2,13	0,35	2,48	3,2	19,04
8	Стінові сендвіч-панелі	0,2	0,25	0,45	10,8	18,96

Виконання монтажних робіт передбачено самохідними кранами. Відповідно до табл. 4.2. для монтажу колон, ригелів, панелей перекриття та покриття, сходових маршів, а також стінових панелей обрано пневмоколісний кран на виносних опорах КС-6362 з довжиною стріли 25 м. Для монтажу панелей-оболонки КЗС обрано гусеничний кран ДЕК-631А з довжиною стріли 24 м.

Таблиця 4.3

Технічні характеристики крану КС-6362

Показник	$l = 25 \text{ м}$					
	1	2	3	4	5	6
Вантажопідйомність, т	19	11	7,4	4,7	2,7	
Виліт стріли, м	6,5	9	12	16	20	
Висота підйому гаку, м	24,5	24	23	20,5	16,4	

Таблиця 4.4

Технічні характеристики крану ДЕК-631А

Показник	$l = 24 \text{ м}$			
	1	2	3	4
Вантажопідйомність, т	50	15,1	8,5	
Виліт стріли, м	6	14	21	
Висота підйому гаку, м	22	17	13	

Визначення обсягів монтажних робіт

Таблиця 4.5

Обсяги монтажних робіт

№	Конструктивний елемент	Кількість, шт
1	2	3
1	Колони К-1, К-2	36
2	Колони К-3, К-4	30

1	2	3
3	Ригелі Р-1, Р-2	30
4	Ригелі Р-3, Р-4, Р-5, Р-6	40
5	Панелі перекриття	64
6	Панелі покриття	68
7	Сходові марші	4
8	Панелі-оболонки КЗС	80
9	Залізобетонні стінові панелі	68
10	Стінові сендвіч-панелі	272

Калькуляція трудових витрат монтажу елементів

Таблиця 4.6

№ процесу	Назва процесу	Параграф, таблиця, пункт нормативу	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Норма часу на одиницю виміру		Норма часу на весь об'єм робіт		Чисельно-кваліфікаційний склад ланки	
					Люд-год	Маш-год	Люд-год	Маш-год	Професія, розряд	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Монтаж залізобетонних колон К-1, К-2	Е4-1-4, табл. 1, п. 3 в, г	1 шт	36	3,7	0,74	133,2	26,64	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
2	Монтаж залізобетонних колон К-3, К-4	Е4-1-4, табл. 1, п. 2 в, г	1 шт	30	3,1	0,61	93	18,3	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
3	Монтаж залізобетонних ригелів Р-1, Р-2	Е4-1-6, табл. 2, п. 8 а, б	1 шт	30	5	1	150	30	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	Монтаж залізобетонних ригелів Р-3, Р-4, Р-5, Р-6	Е4-1-6, табл. 2, п. 4 а, б	1 шт	40	1,9	0,38	76	15,2	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
5	Монтаж панелей перекриття	Е4-1-7, табл., п. 2 а, б	1 шт	64	0,76	0,19	48,64	12,16	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1
6	Монтаж сходових маршів та площадок	Е4-1-7, табл., п. 2 а, б	1 шт	4	4,56	1,14	18,24	4,56	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 2 1 1
7	Монтаж панелей покриття	Е4-1-7, табл., п. 8 а, б	1 шт	68	0,88	0,22	59,84	14,96	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1
8	Монтаж панелей-оболонок-КЗС	Е4-1-6, табл. 4, п. 3 а, б	1 шт	80	9,5	1,9	760	152	Машиніст 5 р Монтажник 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1 1
9	Монтаж залізобетонних стінових панелей	Е4-1-8, табл. 2, п. 1 а, б	1 шт	68	1,44	0,36	97,92	24,48	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1
10	Монтаж стінових сендвіч-панелей	Е5-1-23, табл. 2, п. 1 а, б	1 шт	272	0,88	0,22	239,4	59,84	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1

Технологічні розрахунки монтажу елементів

Таблиця 4.7

Номер процесу	Назва процесу	Обсяг робіт		Виробіток за зміну				Трудомісткість				Необхідні машини і механізми		Прийнятний склад ланки		Кількість змін на добу	Тривалість робіт, зм	Виконання норми, %
		одиниця виміру	кількість	за нормою	робітників	машин	приймає	за нормою	маш-зм	люди-зм	маш-зм	марка	кількість	професія, розряд	кількість			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	МЗК К-1, К-2	1 шт.	36	2,17	10,81	2,40	12,00	16,65	3,33	15	3	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	3	111
				2,58	13,10	3,00	15,00	11,62	2,29	10	2	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	115
3	МЗР Р-1, Р-2	1 шт.	30	1,60	8,00	1,50	7,50	18,75	3,75	20	4	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	4	94
				4,21	21,05	4,00	20,00	9,5	1,9	10	2	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	95

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
5	МППер	1 шт.	64	10,53	42,11	10,67	42,67	6,08	1,52	6	1,5	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1	2	1,5	101	
6	МСХМ	1 шт.	4	1,75	7,02	2,00	8,00	2,28	0,57	2	0,5	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 2 1 1	2	0,5	114	
7	МППокр	1 шт.	68	9,09	36,36	8,50	34,00	7,48	1,87	8	2	КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1	2	2	101	
8	МПО КЭС	1 шт.	80	0,84	4,21	0,84	4,21	95	19	95	19	ДЕК-631А	1	Малпийіст 5 р Монтажник 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1 1	2	19	100	
9	МЗСП	1 шт.	68	5,56	22,22	5,67	22,67	12,24	3,06	12	3	КС-6362	1	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1	2	3	102	
10	МССП	1 шт.	272	9,09	36,36	9,71	38,86	29,93	7,48	28	7	КС-6362	1	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1	2	7	107	
								209,53	44,77	206	44								УСЬОГО:

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Відомість необхідних машин, інструментів, пристосувань

Таблиця 4.8

№	Назва (тип)	Марка	Кількість, шт	Примітки
1	2	3	4	5
1	Пневмоколісний кран на виносних опорах	КС-6362	1	Довжина стріли 25 м
2	Гусеничний кран	ДЕК-631А	1	Довжина стріли 24 м
3	2-гілковий строп	С-2Г-1	1	Вантажопідйомність 2,5 т
4	4-гілковий строп	С-4Г-1	1	Вантажопідйомність 2,5 т
5	4-гілковий строп	С-4Г-2	1	Вантажопідйомність 4 т
6	4-гілковий строп	С-4Г-3	1	Вантажопідйомність 8 т
7	Траверса балочна універсальна	ТБ-1	1	Вантажопідйомність 6 т
8	Траверса балочна універсальна з вилковим захоплювачем для колон	ТБ-2	1	Вантажопідйомність 5 т
9	Траверса фермового типу	ТФ-1	1	Вантажопідйомність 15 т
10	Самостійний захоплювач для сендвіч-панелей	Takelag	1	-
11	Будівельні риштування	Virastar-63	2	6х3 м
12	Нівелір	Nikon AC-2S	1	-
13	Теодоліт	South ET-02	1	-
14	Будівельний рівень	Dnipro-M	2	-
15	Будівельний шуруповерт	DWC 18-4500	2	-

Чисельно-кваліфікаційний склад робітників

Таблиця 4.9

№	Спеціальність	Розряд	Число робітників			Процес
			даного розряду	у ланці	у бригаді	
1	2	3	4	5	6	7
1	Монтажник	5	1			Монтаж колон та ригелів
	Монтажник	4	1	5	10	
	Монтажник	3	2			
	Монтажник	2	1			
	Машиніст	5	1	1	2	
2	Монтажник	4	1			Монтаж панелей перекриття та покриття
	Монтажник	3	2	4	8	
	Монтажник	2	1			
	Машиніст	5	1	1	2	
3	Монтажник	4	2			Монтаж сходових маршів та площадок
	Монтажник	3	1	4	8	
	Монтажник	2	1			
	Машиніст	5	1	1	2	
4	Монтажник	6	1			Монтаж панелей-оболонок КЗС
	Монтажник	5	1	5	10	
	Монтажник	4	1			
	Монтажник	3	1			
	Машиніст	5	1	1	2	
5	Монтажник	5	1			Монтаж залізобетонних стінових та сендвіч-панелей
	Монтажник	4	1	4	8	
	Монтажник	3	1			
	Монтажник	2	1			
	Машиніст	6	1	1	2	

Техніко-економічні показники монтажу елементів

Таблиця 4.10

№	Показник	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4
1	Тривалість	змін	37
2	Трудомісткість	люд-змін	206
		маш-змін	44
3	Питома трудомісткість	люд-змін/т	0,103
		маш-змін/т	0,022

Область застосування технологічної карти

Технологічна карта розроблена на монтаж стінового огороження з попереднім монтажем основних конструктивних елементів складського приміщення логістичного центру в м. Біла Церква з розміром в осях 120 × 48 м та прибудованого адміністративно-побутового комплексу з розміром в осях 48 × 12 м.

Склад робіт, розглянутих у технологічній карті:

- Монтаж збірних залізобетонних колон.
- Монтаж збірних залізобетонних ригелів.
- Монтаж збірних залізобетонних панелей перекриття.
- Монтаж збірних залізобетонних панелей покриття.
- Монтаж збірних залізобетонних сходових маршів та площадок.
- Монтаж збірних залізобетонних стінових панелей.
- Монтаж збірних залізобетонних панелей-оболонок КЗС.
- Монтаж стінових сендвіч-панелей з вертикальною розрізкою.

Вказівки до виконання робіт

1. Монтаж колон К-1, К-2, ригелів Р-1, Р-2, панелей-оболонок КЗС починати від осі 11 до осі 1.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		62

2. Після монтажу стінових панелей по осі 11 розпочати монтаж колон К-3, К-4, ригелів Р-3, Р-4, Р-5, Р-6, панелей перекриття та покриття, сходових маршів у напрямку від осі 12 до осі 14.

3. Під час монтажу стінового огороження по осі 12 кран рухається за схемою №1, під час монтажу решти стінових панелей – за схемою №2.

4. Усі будівельні процеси виконувати у дві зміни.

5. Задіяти крани під час організаційно-технологічних перерв для вантажно-розвантажувальних робіт.

Заходи з безпеки праці

1. Усі особи, що перебувають на будівельному майданчику, зобов'язуються носити захисні каски, сигнальні жилети.

2. Будівельні майданчики, робочі місця, проїзди та підходи до них у темний час доби повинні бути освітлені відповідно до вимог [12].

3. Експлуатація будівельних машин повинна здійснюватися відповідно до параметрів, що визначені технічним паспортом та іншими вимогами щодо безпечного застосування машин.

4. Під час зведення будівлі не допускається перебування сторонніх людей на ділянці виконання робіт.

5. При виявленні вибухонебезпечних предметів необхідно негайно зупинити роботу до видачі дозволу відповідного органу.

6. Усі роботи виконувати відповідно до чинних нормативних документів [13, 14].

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		63

4.2. Розробка календарного графіку будівництва логістичного центру в м. Біла Церква

Календарний графік будівництва розробляється на основі даних табл. 4.11 та 4.12 відповідно до вимог [14]. Перед початком будівництва передбачено підготовчі роботи, до складу яких входить: очищення майданчику будівництва; інженерно-технічна підготовка (планування майданчику); улаштування постійних і тимчасових доріг, інженерних комунікацій; тимчасових споруд.

Таблиця 4.11

Калькуляція трудових витрат

№ процесу	Назва процесу	Параграф, таблиця, пункт нормативу	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Норма часу на одиницю виміру		Норма часу на весь об'єм робіт		Чисельно-кваліфікаційний склад ланки	
					Люд-год	Маш-год	Люд-год	Маш-год	Професія, розряд	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Розробка ґрунту екскаватором з вантаженням на автотранспорт	Е2-1-7, табл. 3, п. 3 а	100 м ³	6,6	-	3,6	-	23,76	Машиніст 5 р	1
2	Розробка ґрунту екскаватором у відвал	Е2-1-7, табл. 3, п. 3 ж	100 м ³	2,4	-	2,8	-	6,72	Машиніст 5 р	1
3	Забивання паль дизель-молотами	Е12-27, табл., п. 1 в	1 шт	303	1,44	0,48	436,6	145,4	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 3 р	1 1 2
4	Улаштування ростверків	Е4-1-49, табл. 1, п.2	1 м ³	379,44	0,42	0,21	159,3	79,68	Машиніст 5 р Бетонувальник 4р Бетонувальник 3р	1 1 1
5	Монтаж стаканів під колони	Е4-1-2, табл. 5, п. 1 а, б	1 шт	66	0,96	0,32	63,36	21,12	Машиніст 6 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	64
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Улаштування гідроізоляції фундаментів	Е11-39, табл. 1, п. 1 а, б	100 м ²	16,85	1,4	-	23,59	-	Ізолювальник 4 р Ізолювальник 2 р	1 1
7	Зворотна засипка ґрунту	Е2-1-44, табл. 1, п. 4 а	1 м ³	240	0,51	-	122,4	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	1 1
8	Ущільнення ґрунту	Е2-1-45, табл. 3, п. 1 а	1 м ³	24	2,4	-	57,6	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	1 1
9	Монтаж залізобетонних колон К-1, К-2	Е4-1-4, табл. 1, п. 2 а, б	1 шт	36	3,7	0,74	133,2	26,64	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
10	Монтаж залізобетонних колон К-3, К-4	Е4-1-4, табл. 1, п. 1 а, б	1 шт	30	3,1	0,61	93	18,3	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
11	Монтаж залізобетонних ригелів Р-1, Р-2	Е4-1-6, табл. 2, п. 8 а, б	1 шт	30	5	1	150	30	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
12	Монтаж залізобетонних ригелів Р-3, Р-4, Р-5, Р-6	Е4-1-6, табл. 2, п. 4 а, б	1 шт	40	1,9	0,38	76	15,2	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1
13	Монтаж панелей перекриття	Е4-1-7, табл., п. 2 а, б	1 шт	64	0,76	0,19	48,64	12,16	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1
14	Монтаж сходових маршів та площадок	Е4-1-7, табл., п. 2 а, б	1 шт	4	4,56	1,14	18,24	4,56	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 2 1 1
15	Монтаж панелей покриття	Е4-1-7, табл., п. 8 а, б	1 шт	68	0,88	0,22	59,84	14,96	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»				65
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	Монтаж панелей-оболонок-КЗС	Е4-1-6, табл. 4, п. 3 а, б	1 шт	80	9,5	1,9	760	152	Машиніст 5 р Монтажник 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1 1
17	Монтаж залізобетонних стінових панелей	Е4-1-8, табл. 2, п. 1 а, б	1 шт	68	1,44	0,36	97,92	24,48	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1
18	Монтаж стінових сендвіч-панелей	Е5-1-23, табл. 2, п. 1 а, б	1 шт	272	0,88	0,22	239,4	59,84	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1 1
19	Улаштування пароізоляції покриття	Е7-13, табл., п. 2	100 м ²	63,36	3,9	-	247,1	-	Ізолювальник 4 р Ізолювальник 3 р	1 1
20	Вкладання утеплювача на констр. покриття	Е7-14, табл., п. 11	100 м ²	63,36	8,7	-	551,2	-	Ізолювальник 3 р Ізолювальник 1 р	1 1
21	Влаштування армованої цем.-піщ. стяжки на конструкції покриття	Е7-15, табл., п. 7	100 м ²	63,36	16,2	-	1026	-	Бетонувальник 4р Бетонувальник 4р	1 1
22	Улаштування покрівлі напл. руберойдом	Е7-2, табл. 2, п. 1	100 м ²	63,36	4,8	-	304,1	-	Ізолювальник 4 р Ізолювальник 3 р	1 1
23	Скління віконних прорізів	Е10-30-1, табл. 190, п. 1,2	100 м ²	4,03	41,25	-	166,2	-	Монтажник 4 р Монтажник 3 р	1 1
24	Установлення воріт	Е10-30-1, табл., п. 1	1 м ² полотна	211,68	0,24	-	50,80	-	Монтажник 4 р Монтажник 3 р	1 1
26	Улаштування вимощення	Е4-1-49, табл. 1, п.1	1 м ³	36	0,34	0,17	12,24	6,12	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р	1 1 1

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»				66
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата					

Технологічні розрахунки

Таблиця 4.12

Номер процесу	Назва процесу	Обсяг робіт		Виробіток за зміну				Трудоємність				Необхідні машини і механізми		Прийнятний склад ланки		Кількість змін на добу	Тривалість робіт, зм	Виконання норми, %	
		лінійна виміру	кількість	за нормою	робітників	машин	робітників	машин	за нормою	прийнята	марка	кількість	розряд	кількість					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	Підготовчі роботи																		
2	Розробка ґрунту екскав. з навантаж. на автотрансп.	100 м³	6,6	-	2,22	-	2,20	-	2,97	-	3	Екскаватор	1	Машиніст 5 р	1	2	3	99	
3	Розробка ґрунту екскав. у відвалі	100 м³	2,4	-	2,86	-	2,40	-	0,84	-	1	Екскаватор	1	Машиніст 5 р	1	2	1	84	
4	Забивання палей	1 шт.	303	5,55	16,67	5,61	16,83	54,58	18,18	54	18	Дизель-молот	2	Машиніст 6 р Монтажник 5 р Монтажник 3 р	2 2 4	2 2 9	101		
5	Улаштув. ростверків	1 м³	379,4	19,05	38,09	18,97	37,94	19,92	9,96	20	10	Кран КС-6362	2	Машиніст 5 р Бетонувальник 4р Бетонувальник 3р	2 2 2	1 5	100		
6	Монтаж стаканів під колони	1 шт	66	8,30	25,00	7,33	22,00	7,92	2,64	9	3	Кран КС-6362	1	Машиніст 6 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 1	2 3	88		

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7	Улаштув. гідроізол. фундам.	100 м ²	16,85	5,71	-	5,62	-	2,95	-	3	-	-	-	Ізолувальник 4 р Ізолувальник 2 р	3 3	1	1	98
8	Зворотна засідка ґрунту	1 м ³	240	15,69	-	16,67	-	15,30	-	14	-	-	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	7 7	1	2	109
9	Уціплення ґрунту	1 м ³	24	3,33	-	3,33	-	7,2	-	7	-	-	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	7 7	1	1	103
10	Монтаж залізобет. колон К-1, К-2	1 шт.	36	2,17	10,81	2,40	12,00	16,65	3,33	15	3	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	3	111
11	Монтаж залізобет. колон К-3, К-4	1 шт.	30	2,58	13,10	3,00	15,00	11,62	2,29	10	2	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	115
12	Монтаж залізобет. ригелів Р-1, Р-2	1 шт.	30	1,60	8,00	1,50	7,50	18,75	3,75	20	4	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	4	94
13	Монтаж залізобет. ригелів Р-3, Р-4, Р-5, Р-6	1 шт.	40	4,21	21,05	4,00	20,00	9,5	1,9	10	2	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	95
14	Монтаж панелей черкриття	1 шт.	64	10,53	42,11	10,67	42,67	6,08	1,52	6	1,5	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1	2	1,5	101

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Лист

68

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7	Улаштув. гідроізол. фундам.	100 м ²	16,85	5,71	-	5,62	-	2,95	-	3	-	-	-	Ізоловальник 4 р Ізоловальник 2 р	3 3	1	1	98
8	Зворотна засипка ґрунту	1 м ³	240	15,69	-	16,67	-	15,30	-	14	-	-	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	7 7	1	2	109
9	Ущільнення ґрунту	1 м ³	24	3,33	-	3,33	-	7,2	-	7	-	-	-	Землекоп 2 р Землекоп 1 р	7 7	1	1	103
10	Монтаж залізобет. колон К-1, К-2	1 шт.	36	2,17	10,81	2,40	12,00	16,65	3,33	15	3	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	3	111
11	Монтаж залізобет. колон К-3, К-4	1 шт.	30	2,58	13,10	3,00	15,00	11,62	2,29	10	2	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	115
12	Монтаж залізобет. ригелів Р-1, Р-2	1 шт.	30	1,60	8,00	1,50	7,50	18,75	3,75	20	4	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	4	94
13	Монтаж залізобет. ригелів Р-3, Р-4, Р-5, Р-6	1 шт.	40	4,21	21,05	4,00	20,00	9,5	1,9	10	2	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 1 2 1	2	2	95
14	Монтаж панелей черкриття	1 шт.	64	10,53	42,11	10,67	42,67	6,08	1,52	6	1,5	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р Монтажник 2 р	1 1 2 1	2	1,5	101

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Лист

69

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
22	Улаштув. арм. цем.- щіщ. стяжки	100 м ²	63,36	0,49	-	0,57	-	128,25	-	111	-	-	-	Бетонувальник 4р Бетонувальник 4р	11 11	1	10	115
23	Улаштув. покрівлі напл. руберойдом	100 м ²	63,36	1,67	-	1,58	-	38,01	-	40	-	-	-	Ізоловальник 4 р Ізоловальник 3 р	10 10	1	4	95
24	Скління віконних прорізів	100 м ²	4,03	0,19	-	0,22	-	20,78	-	18	-	-	-	Скляр 4 р Скляр 3 р	6 6	1	3	115
25	Установ. воріт	1 м ² полотна	211,7	33,34	-	35,28	-	6,35	-	6	-	-	-	Монтажник 4 р Монтажник 3 р	6 6	1	1	106
26	Улаштув. вимоцнення	1 м ³	36	23,53	46,75	18	36	1,53	0,77	2	1	Кран КС-6362	1	Машиніст 5 р Монтажник 4 р Монтажник 3 р	1 1 1	1	1	77
								УСЬОГО:	611,36	80,13	580	80						

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Лист

70

Техніко-економічні показники

Таблиця 4.13

№	Показник	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3	4
1	Площа забудови	м ²	6515,26
2	Об'єм будівлі	м ³	51419,61
3	Тривалість	роб. дн	70
4	Трудовіткість	люд-змін маш-змін	580 80
5	Питома трудовіткість	люд-змін/м ³ маш-змін/м ³	0,011 0,002
6	Питома тривалість	роб. дн/м ³	0,001

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Консультант _____ Касьянова О. М. _____ / _____ /

Здобувачка _____ Сидорець О. В. _____ / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		72

Будівництво логістичного центру є складним і багатофазовим процесом, що вимагає значної уваги до питань охорони праці. Одним з ключових етапів у зведенні подібних об'єктів є монтаж основних конструктивних елементів будівлі. Цей етап є особливо небезпечним через велику висоту робіт, значні маси будівельних елементів та необхідність використання важкої техніки.

Основними небезпеками під час монтажу елементів є можливість падіння з висоти, травмування від падіння важких елементів конструкцій, а також аварії, пов'язані з неправильною експлуатацією техніки та інструментів. Важливою складовою забезпечення безпеки є правильна організація робіт, використання засобів індивідуального захисту, а також регулярне проведення інструктажів та тренувань для працівників.

З огляду на вищезазначене, даний розділ присвячений аналізу ризиків та розробці заходів з охорони праці при будівництві логістичного центру у м. Біла Церква. Розглядаються основні потенційні небезпеки та пропонуються конкретні методи та інструменти для їх мінімізації та усунення. Забезпечення безпеки праці є ключовим фактором успішного завершення будівництва та збереження здоров'я і життя робітників.

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів (ШНВФ)

5.1.1. Аналіз параметрів мікроклімату

Параметри мікроклімату, такі як температура, вологість і швидкість руху повітря, мають прямий вплив на самопочуття та працездатність працівників, а також на безпеку виконання будівельних робіт.

Занадто висока або низька температура може призвести до перегрівання чи переохолодження працівників, що збільшує ризик нещасних випадків та знижує продуктивність праці. У літній період можливий перегрів, особливо при роботі на відкритому повітрі під прямим сонячним промінням, тоді як зимові місяці можуть спричинити переохолодження. Обидва стани можуть знижувати

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		73

концентрацію уваги та швидкість реакції працівників, що підвищує ризик травмування.

Необхідно забезпечити працівників достатньою кількістю питної води, встановити місця обігріву чи охолодження у відповідності до сезону, а також запровадити періодичні перерви для відпочинку в умовах екстремальних температур.

Оптимальна відносна вологість повітря на робочих місцях повинна становити 40-60%. Висока вологість у поєднанні з високими температурами може створити додаткове навантаження на серцево-судинну систему, тоді як низька вологість у холодних умовах може призвести до пересихання слизових оболонок та шкіри, знижуючи загальну стійкість організму до хвороб. Оскільки використання зволожувачів чи осушувачів повітря на відкритому будівельному майданчику є малоімовірним, важливо забезпечити працівникам відповідний одяг та засоби захисту, які допоможуть мінімізувати вплив несприятливих умов.

Низька швидкість руху повітря може спричиняти застій повітря, особливо у закритих приміщеннях, що може призвести до накопичення шкідливих речовин та погіршення умов праці. Висока швидкість руху повітря, навпаки, може посилити вплив низьких температур, спричиняючи переохолодження працівників.

Організовувати роботи потрібно таким чином, щоб забезпечити максимальну природну вентиляцію на робочих місцях. Це може включати вибір відповідного часу доби для виконання певних робіт, розміщення робочих зон з урахуванням напрямку вітру та забезпечення достатнього простору між робочими зонами для вільного руху повітря.

Захист від метеорологічних умов виконується відповідно до [4].

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		74

5.1.2. Аналіз природного і штучного освітлення

Освітлення є критичним фактором, що впливає на безпеку працівників, їхню продуктивність і загальний комфорт під час виконання робіт.

Для максимального використання природного освітлення на будівельному майданчику слід розміщувати робочі зони таким чином, щоб максимально використовувати денне світло. Важливо уникати розташування робочих місць у затінених ділянках.

Штучне освітлення є необхідним доповненням до природного, особливо в умовах недостатнього природного світла або при роботі в темний час доби. Воно повинно забезпечувати достатній рівень видимості для безпечного виконання робіт. Рекомендується використовувати лампи високої потужності та правильно розміщувати джерела світла, щоб освітлення було рівномірним, для уникнення різких тіней та відблисків.

Комбінування природного та штучного освітлення дозволяє створити оптимальні умови для роботи в різний час доби та за будь-яких погодних умов.

Освітлення робочих зон має відповідати вимогам [15] та [12].

5.1.3. Аналіз вібрації та шуму

Вібрація та шум є поширеними шкідливими виробничими факторами, які можуть призводити до серйозних наслідків для здоров'я працівників, знижуючи їхню продуктивність та збільшуючи ризик нещасних випадків.

Вібрація виникає в результаті роботи важкої техніки, будівельних машин та електроінструментів. Вона може бути передана через конструкції будівель або безпосередньо через руки працівників, які працюють з вібраційними інструментами.

Наслідки тривалого впливу вібрації включають:

- Механічні ушкодження опорно-рухового апарату, суглобів, м'язів та нервів.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		75

– Захворювання судин: порушення кровообігу, зокрема захворювання судин рук (вібраційна хвороба).

– Втома працівників, що знижує їхню концентрацію та збільшує ризик нещасних випадків.

Для мінімізації впливу вібрації потрібно використовувати інструменти та техніку з вбудованими антивібраційними системами, забезпечити працівників антивібраційними рукавицями, обмежувати тривалість роботи з вібраційними інструментами.

Санітарні норми виробничої вібрації регулюються [16].

Наслідки впливу шуму включають:

- Погіршення чи навіть втрата слуху.
- Стрес, дратівливість та загальна втома працівників.
- Шум може відволікати працівників та знижувати їхню здатність концентруватися на виконанні завдань, підвищуючи ризик нещасних випадків.

Для мінімізації впливу шуму потрібно використовувати вушні вкладки, навушники або інше захисне обладнання; розміщувати шумні робочі зони якомога далі від тих місць, де працюють інші працівники, вводити обмеження на тривалість роботи в умовах високого рівня шуму та забезпечувати перерви для відпочинку.

Санітарні норми виробничого шуму регулюються [17].

5.1.4. Аналіз електробезпеки

Електробезпека є одним з критичних аспектів охорони праці при будівництві. Роботи з електрообладнанням, електроінструментами та електричними мережами можуть призводити до значних ризиків для здоров'я і життя працівників. Тому забезпечення електробезпеки є важливою складовою системи охорони праці на будівельному майданчику.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		76

Основними ризиками є:

- Ураження електричним струмом при безпосередньому контакті з неізольованими проводами або частинами електрообладнання, що знаходяться під напругою.
- Електричні опіки можуть виникнути в результаті короткого замикання або пробією ізоляції.
- Механічні травми, спричинені мимовільними рухами під впливом електричного струму.
- Пожежі можуть бути спричинені коротким замиканням, перевантаженням електромереж або несправністю електрообладнання.

Для забезпечення електробезпеки всі електричні проводи та кабелі повинні мати надійну ізоляцію, обов'язковим є використання захисних кожухів та щитків для електрообладнання, заземлення всіх електричних установок та обладнання, Регулярний огляд та тестування електричних мереж та обладнання для виявлення можливих несправностей, забезпечення працівників діелектричними рукавичками, взуттям та іншими засобами захисту, регулярне проведення навчання та інструктажів з електробезпеки для всіх працівників, встановлення попереджувальних знаків та огорож біля місць, де проводяться електромонтажні роботи, обмеження доступу до електроустановок для сторонніх осіб та недопущення некваліфікованих працівників до електромонтажних робіт.

Електробезпека та пожежна безпека регулюються такими нормативними документами, як [13], [18], [19].

5.1.5. Аналіз інших небезпечних факторів під час монтажних робіт

Окрім вище перелічених факторів, під час монтажних робіт можуть виникати й інші небезпечні ситуації, які потребують уважного аналізу та впровадження відповідних заходів безпеки. До таких ситуацій відносяться: несправність обладнання, недотримання технологічних процесів, недостатня

кваліфікація працівників, ризики падіння працівників з висоти, падіння предметів, механічні травми.

При роботах на значній висоті можливі смертельні випадки, серйозні травми, включаючи переломи та черепно-мозкові травми. Отже, необхідним є використання страхувальних систем (поясів, тросів), встановлення захисних огорож, монтажних риштувань, драбин з належним кріпленням, постійний контроль та інструктаж працівників.

Інструменти, матеріали та інші предмети можуть випадково падати з висоти під час робіт. Тому можливі травми голови, плечей, спини, що можуть бути смертельними або призвести до серйозних ушкоджень. Основними заходами безпеки є обов'язкове носіння захисних касок, організація зон небезпеки, обмеження доступу до небезпечних зон, надійне закріплення інструментів та матеріалів на висоті.

При роботі з важкими та громіздкими елементами конструкцій можливі ушкодження кінцівок, забиття, переломи. Заходи безпеки: використання засобів механізації (крани, підйомники), правильна організація робочих місць, навчання працівників безпечним методам роботи, використання засобів індивідуального захисту (рукавички, захисне взуття).

Нерівні поверхні, неочищені від сміття та матеріалів робочі зони, можуть призводити забиттів, переломів, розтягнень, тому важливим є регулярне прибирання робочих зон, використання антиковзних покриттів.

При монтажі конструкцій необхідно дотримуватися вимог [13], [14] задля уникнення небезпеки.

Отримані результати аналізу зводимо до табл. 5.1.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		78

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів,
що характеризують виконання монтажних робіт

№ п/п	Назва шкідливого фактору	Чим викликаний фактор	До якого захворювання приводить фактор	Заходи по усуненню шкідливого фактору передбачені проектом
1	2	3	4	5
1	Підвищена температура повітря навколишнього середовища	Підвищена температура у теплий період року	Перегрів, тепловий удар, гіпертермія	Забезпечення питною водою, місця для охолодження та відпочинку, перерви
2	Низька температура повітря навколишнього середовища	Низька температура у холодний період року	Переохолодження, простудні захворювання,	Забезпечення теплим одягом, місця для обігріву та відпочинку, перерви
3	Забруднене пилом повітря	Низька швидкість руху повітря	Погіршення умов праці, захворювання верхніх дихальних шляхів	Забезпечення вентиляції, правильне розміщення робочих зон, засоби індивідуального захисту
4	Недостатнє освітлення робочих зон	Темний час доби, неправильний вибір джерел штучного освітлення	Погана видимість, зорова напруга, травмування	Грамотне розміщення робочих зон, правильний вибір джерел штучного освітлення, рівномірне освітлення
5	Вібрація	Робота важкої техніки, будівельних машин, використання електроінструментів	Втома, захворювання судин, механічні ушкодження	Антивібраційні системи, антивібраційні рукавиці, перерви, обмеження тривалості робіт
6	Шум	Робота важкої техніки, будівельних машин	Втома, стрес, дратівливість, погіршення чи втрата слуху	Перерви, обмеження тривалості робіт, захист працівників
7	Ураження електричним	Коротке замикання, несправність	Опіки, електротравми	Надійна ізоляція кабелів та дротів, заземлення, регулярна

	струмом, пожежі	електрообладнання, неізолювані дроти		перевірка електрообладнання, проведення навчань
8	Падіння працівників з висоти	Порушення техніки безпеки при роботі на висоті, необережність	Серйозні травми, смерть	Використання страхувальних систем, встановлення захисних огорож, контроль та інструктаж працівників
9	Падіння матеріалів, інструментів	Необережність, неправильне поводження з матеріалами на висоті, неправильне їх закріплення	Травми голови, плечей, спини, кінцівок, смерть	Носіння захисних касок, обмеження доступу до небезпечних зон, надійне закріплення матеріалів та інструментів
10	Травмування важкими елементами конструкцій	Необережне поводження з елементами конструкцій	Ушкодження кінцівок, забиття, переломи	Правильна організація робочих зон, засоби індивідуального захисту

Висновок

Під час аналізу було виявлено такі шкідливі і небезпечні виробничі фактори: метеорологічні умови, забруднення повітря, недостатнє освітлення, ураження електричним струмом, виникнення пожежі, травмування працівників під час роботи виконання монтажних робіт.

Розроблено заходи безпеки, такі як використання засобів індивідуального захисту, належне освітлення, вентиляція, забезпечення робітників відповідним одягом і місцями для відпочинку, а також регулярний контроль стану обладнання, дозволяють значно знизити ризики виробничого травматизму та професійних захворювань. Це сприяє створенню безпечних умов праці, підвищенню продуктивності та успішному завершенню будівельних робіт.

ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Консультант _____ Гусарова Л. В. _____ / _____ /

Здобувачка _____ Сидорець О. В. _____ / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		81

6.1. Основи ціноутворення у будівництві

На першому етапі ціноутворення проводиться ринку будівельних матеріалів, послуг та робочої сили. Важливо визначити поточні ціни на матеріали та обладнання, оцінити попит і пропозицію на ринку будівельних послуг. Цей аналіз допомагає передбачити можливі коливання вартості і вчасно узгодити бюджет проекту з реальністю ринкових умов.

На другому етапі визначається обсяг будівельних робіт, перелік матеріалів та обладнання, потрібних для проекту. Кошториси складаються з двох основних частин: прямих та непрямих витрат.

Прямі витрати включають вартість будівельних матеріалів, робіт та обладнання, безпосередньо пов'язаних із будівництвом об'єкта.

Непрямі витрати не пов'язані безпосередньо з виробництвом, але відносяться до загальних витрат на проект. Це може включати:

- Проектні витрати: вартість розробки проектної документації.
- Адміністративні витрати: витрати на управління проектом, офісні витрати, страхування, юридичні послуги.
- Загальновиробничі витрати: витрати на утримання будівельного майданчика, охорону, зберігання матеріалів.

Передбачають також резервні витрати, наприклад резерв на зміни в цінах на матеріали, зміни в проекті або затримки у реалізації проекту.

Отже, ціноутворення в будівництві є складним і важливим етапом, який вимагає детального аналізу і контролю. Ефективне управління витратами та правильний підхід до ціноутворення дозволяють досягнути фінансової стійкості та успішного завершення будівельного проекту.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		82

6.2. Вихідні дані для розрахунку кошторису

Назва проекту: Будівництво логістичного центру в м. Біла Церква.

Місце розташування: м. Біла Церква, Київська область, Україна.

Тип конструкції: каркасна конструкція із збірних залізобетонних елементів.

Склад робіт: підготовчі роботи, земляні роботи, влаштування пальових фундаментів, влаштування підлоги, монтаж основних конструктивних елементів будівлі, монтаж стінових панелей, покрівельні роботи, оздоблювальні роботи, санітарно-технічні роботи, електромонтажні роботи, монтаж технологічного та виробничого устаткування, пусканалагоджувальні роботи.

У даному розділі передбачена розробка кошторисної документації за укрупненими показниками відповідно до вимог [20].

6.3. Техніко-економічні показники проекту

- Об'єм будівлі: 51419,61 м³.
- Поверховість: складське приміщення – 1, адміністративно-побутовий корпус – 2.
- Площа забудови об'єкта: 6515,26 м².
- Загальна площа об'єкта: 7159,59 м².
- Площа фасаду: 2866,74 м².
- Розміри майданчику будівництва: 250 × 100 м.
- Площа майданчику будівництва: 25000 м².
- Периметр майданчику будівництва: 700 м.
- Вартість будівництва 1 м³ об'єкта: 5672 тис. грн.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		83

6.4. Кошторисна документація

6.4.1. Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва

Зведений кошторисний розрахунок в сумі 286502 тис.грн.

У тому числі зворотних сум 460 тис.грн.
Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва

Логістичний центр у м. Біла Церква

(найменування об'єкта будівництва)

Вартість 1 куб.м
об'єкта, грн.
5572

Складений в поточних цінах станом на "30" травня 2024 р.

№ ч.ч.	Номери кошторисів	Найменування глав, будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
		Глава 1				
		<i>Підготовка території будівництва</i>				
	КНУ п.3.32	Відведення земельної ділянки	0	0	784	784
	КНУ п.3.32	Розбивка осей			74	74
	КНУ п.3.32	Інженерна підготовка території	984	0	0	984
		Разом по главі 1	984	0	858	1842
		Глава 2				
		<i>Об'єкти основного призначення</i>				
	№ 02-01	Логістичний центр	125032	1954	0	126986
		Разом по главі 2	125032	1954	0	126986
		Глава 3				
		<i>Об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення</i>				
	КНУ п.3.34	Адміністративно-побутові приміщення	443,6	238,9		682,5
	КНУ п.3.34	Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естакади,	844,9	455,0		1299,9
	КНУ п.3.34	Господарські будівлі і приміщення (приміщення охорони, прохідні, сміттєзби	334,7	180,2		515,0
		Разом по главі 3	1623,3	874,1		2497,4
		Глава 4				
		<i>Об'єкти енергетичного господарства</i>				
	КНУ п.3.35	Трансформаторна підстанція	1061,4	1061,4		2122,9
	КНУ п.3.35	Лінії електропостачання	1169,7	1169,7		2339,4
		Разом по главі 4	2231,1	2231,1		4462,3
		Глава 5				
		<i>Об'єкти транспортного господарства і зв'язку</i>				
	КНУ п.3.35	Автомобільні під'їзди та внутрішні шляхи	2070,7	282,4		2353,1
	КНУ п.3.35	Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	605,3	82,5		687,8
	КНУ п.3.35	Паркінги, автостоянки	1540,0	210,0		1750,0
	КНУ п.3.35	Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	987,4	134,6		1122,1
		Разом по главі 5	5203,4	709,6		5913,0
		Глава 6				
		<i>Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації,</i>				
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	189,9	155,4		345,3
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	313,4	256,4		569,8
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі теплопостачання, бойлерні, котельні	516,7	422,7		939,4
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі газопостачання	693,0	730,6		1623,6
		Разом по главі 6	1912,9	1565,1		3478,1
		Глава 7				
		<i>Благоустрій і озеленення території</i>				
	КНУ п.3.35	Огорожа території	1183,0			1183,0
	КНУ п.3.35	Озеленення, малі архітектурні форми	94,3			94,3
	КНУ п.3.35	Зовнішнє освітлення	317,7			317,7
	КНУ п.3.35	Пішходні алеї та дорожки	479,0			479,0
	КНУ п.3.35	Спортивні та ігрові майданчики	307,3			307,3
		Разом по главі 7	2381,3			2381
		Разом по главах 1-7	139368,0	7334,4	857,6	147560
		Глава 8				
		<i>Тимчасові будівлі і споруди</i>				
	КНУ п.3.36	Кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення	3066			3066
		Разом по главі 8	3066			3066
		Разом по главах 1-8	142434		858	143292
		Глава 9				
		<i>Кошти на інші роботи та витрати</i>				
	КНУ п.3.37	Зимове подорожження	997		100	1097
	КНУ п.3.37	Інші витрати			1146	1146
		Разом по главі 9	997		1246	2243
		Разом по главах 1-9	143431	7334	957	151723
		Глава 10				
		<i>Утримання служби замовника</i>				
	КНУ п.3.38	Утримання служби замовника (включаючи витрати на технічний нагляд)			3793	3793
		Кошти на формування страхового фонду документації			86	86
		Кошти на проведення процедури закупівлі			303	303
		Кошти на послуги, пов'язані з підготовкою будівництва та введенням об'єкта в експлуатацію			607	607
		Разом по главі 10			4789	4789
	КНУ п.3.38	Глава 11				
		<i>Підготовка експлуатаційних кадрів</i>				
		Разом по главі 11			1214	1214
	КНУ п.3.38	Глава 12				
		<i>Проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд</i>				
		Вартість проектно-вишукувальних робіт			6526	6526
		Вартість експертизи проектно-вишукувальної документації			172	172
		Кошти на здійснення авторського нагляду			152	152
		Разом по главі 12			6850	6850
		Разом по главах 1-12	143431	7334	13810	164576

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Лист

84

1	2	3	4	5	6	7
	КНУ п.4.38, дод.26	Кошторисний прибуток (П)	8606			8606
	КНУ п.4.39, дод.27	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ)			3034	3034
	КНУ п.4.40, дод.28	Кошти на покриття ризику всіх учасників будівництва (Р)	12192	623	1174	13989
	КНУ п.4.41-4.43	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами (І)	46185	2362		48546
		РАЗОМ	210413	10319	18019	238752
		Податок на додану вартість			47750	47750
		Всього по зведеному кошторисному розрахунку	210413	10319	65769	286502
	КНУ п.3.39	Зворотні суми				460

Довжина, м Ширина, м
250 100
Площа забудови, кв.м 25000
Периметр забудови 700

**Розрахунки до глав 1,3 - 7 зведеного кошторисного розрахунку
з будівництва логістичного центру в м. Біла Церква**

Глави і витрати	Один. виміру обсягу робіт	Кількість	Одиниця виміру вартості робіт	Вартість одиниці, тис.грн.	Загальна вартість, тис.грн.
Глава 1 Підготовка території будівництва					
Відведення земельної ділянки, виготовлення землевпорядчої документації	100 кв. м ділянки	250	тис.грн./100 кв. м	3,14	784
Створення геодезичної мережі для будівництва	100 кв. м ділянки	250	тис.грн./100 кв. м	0,29	74
Освоєння і інженерна підготовка території будівництва	100 кв. м ділянки	250	тис.грн./100 кв. м	3,94	984
Разом					1842
Глава 3 Об'єкти підсобного і обслуговувального призначення					
Адміністративно-побутові приміщення	100 кв. м заг. пл. об'єкта	65,15	тис.грн./100 кв. м	10,47	682
Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естакади, лабораторії, тощо)	100 кв. м заг. пл. об'єкта	71,60	тис.грн./100 кв. м	18,16	1300
Господарські будівлі і приміщення (приміщення охорони, прохідні, сміттєзбиральники)	100 кв. м заг. пл. об'єкта	71,60	тис.грн./100 кв. м	7,19	515
Разом					2497
Глава 4 Об'єкти енергетичного господарства					
Трансформаторна підстанція	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	2122,90	2123
Лінії електропостачання	км	2	тис.грн./км	1169,69	2339
Разом					4462
Глава 5 Об'єкти транспортного господарства і зв'язку					
Автомобільні під'їзди та внутрішні шляхи	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	2353,06	2353
Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	687,85	688
Паркінги, автостоянки	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	1749,99	1750
Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	1122,06	1122
Разом					5913
Глава 6 Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації, тепlopостачання та газопостачання					
Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	км	1,2	тис.грн./км	287,71	345
Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	км	1,2	тис.грн./км	474,86	570
Зовнішні мережі тепlopостачання, бойлерні, котельні	км	1,2	тис.грн./км	782,82	939
Зовнішні мережі газопостачання	км	2,5	тис.грн./км	649,44	1624
Разом					3478
Глава 7 Благоустрій та озеленення території					
Огорожа території	100 м.п.	7	т.грн./м.п.	168,99	1183
Озеленення, малі архітектурні форми	100 кв. м ділянки	250	тис.грн./100 кв. м ділянки	0,38	94
Зовнішнє освітлення	100 кв. м ділянки	250	тис.грн./100 кв. м ділянки	1,27	318
Пішохідні алеї та дорожки	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	479,05	479
Спортивні та ігрові майданчики	об'єкт	1	тис.грн./об'єкт	307,26	307
Разом					2381

Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
------	--------	------	--------	--------	------

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»

Лист

85

6.4.2. Об'єктний кошторис №2-1 на будівництво логістичного центру в м. Біла Церква

Форма № 4

Логістичний центр у м. Біла Церква
(найменування об'єкта будівництва)

ОБ'ЄКТНИЙ КОШТОРИС № 02-01 на будівництво логістичного центру в м. Біла Церква (найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість	126986	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	377,1	тис.люд.год
Кошторисна заробітна плата	44874	тис.грн.
Вимірник одиничної вартості	2470	грн./куб.м
Вимірник одиничної вартості	17737	грн./кв.м

Складений в поточних цінах станом на "30" травня 2024 р.

№ ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудомісткість, тис.люд-год	Кошторисна заробітна плата тис.грн.	Показники одиничної вартості, грн/куб.м
			будівельних робіт них робіт	устаткування, меблів та інвентарю	Всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1-1	Будівельні роботи	104596		104596	296	35176	2034
2	2-1-2	Внутрішні санітарно-технічні роботи	5779		5779	12	1461	887
3	2-1-3	Внутрішні електромонтажні роботи	10071		10071	40	4719	1407
4	2-1-4	Монтаж устаткування	382		382	2	230	133
5	2-1-5	Пусконаладжувальні роботи	4204		4204	27	3288	82
6	2-1-6	Придбання устаткування, меблів та інвентарю		1954	1954			38
		Всього по кошторису	125032	1954	126986	377	44874	4448

Склала: Сидорець О.В.
Перевірила: Гусарова Л. В.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		86

6.4.7. Локальний кошторисний на пусконалагоджувальні роботи №2-1-5 з будівництва логістичного центру у м. Біла Церква

Форма № 3

Логістичний центр у м. Біла Церква
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на пусконалагоджувальні роботи № 02-01-05 з будівництва логістичного центру в м. Біла Церква

(найменування робіт та витрат, найменування будівлі,
споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість, тис.грн.	4204
Кошторисна трудомісткість, тис.люд.год.	26,9
Кошторисна заробітна плата, тис.грн.	3288

Складений в поточних цінах станом на "30" травня 2024 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норм)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн	Витрати труда пусконалагоджувального персоналу, люд.год.	
							на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	УПМП 3-1	Пусконалагоджувальні роботи промислові об'єкти	100м2 загальної площі об'єкта	71,60	40757	2918003	345	24729
Разом прямі витрати						2918003		
в тому числі								
Заробітна плата						2918003		
Загальновиробничі витрати разом, грн							Коеф. 1285837	
У тому числі:								
трудоємність у загальновиробничих витратах						0,087	2151	
заробітна плата у загальновиробничих витратах						172,04	370128	
відрахування на державне соціальне страхування						0,2278	749036	
решта статей загальновиробничих витрат						6,74	166672	
Всього кошторисна вартість робіт, грн.						4203840		
Кошторисна трудомісткість, люд-год						26880		
Кошторисна заробітна плата, грн.						3288132		

Склала: Сидорець О.В.
Перевірила: Гусарова Л. В.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		91

6.4.8. Локальний кошторисний на придбання устаткування, меблів та інвентарю №2-1-6 логістичного центру у м. Біла Церква

Форма № 2

Логістичний центр у м. Біла Церква
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 02-01-06 Логістичний центр у м. Біла Церква

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість 1954,5 тис.грн.

Складений в поточних цінах станом на "30" травня 2024 р.

№ ч.ч.	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування устаткування, меблів та інвентарю	Кількість	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	УПО 1-2	Технологічне устаткування гаражі, загальні склади, сховища	100м2 загальної площі об'єкта	71,60	17064	1221743
2	УПО 2-2	Виробниче устаткування гаражі, загальні склади, сховища	100м2 загальної площі об'єкта	71,60	2661	190534
3	УПО 3-2	Технічні засоби інформаційних технологій гаражі, загальні склади, сховища	100м2 загальної площі об'єкта	71,60	4002	286528
4	УПО 4-2	Меблі гаражі, загальні склади, сховища	100м2 загальної площі об'єкта	71,60	2539	181807
		Разом, грн.				1880612
		Транспортні витрати на устаткування (3%)				56418
		Заготівельно-складські витрати (0,9%)				17433
		Всього кошторисна вартість, грн.				1954464

Склала: Сидорець О.В.
Перевірила: Гусарова Л. В.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	92

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Консультант Кріпак В. Д. / _____ /

Здобувачка Сидорець О. В. / _____ /

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		93

7.1. Розрахунок панелі-оболонки КЗС прольотом 24 м

Навантаження від ваги місцевого потовщення оболонки біля опор панелі:

$$G_1 = (h_k - h'_f) \cdot (x_{6-5} + 0,5 \cdot x_{5-4}) \cdot b_f \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = \\ = (0,25 - 0,04) \cdot (0,38 + 0,5 \cdot 1) \cdot 2,94 \cdot 2,5 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 1,05 = 15,39 \text{ кН.}$$

Навантаження G_1 враховується для визначення зусиль при статичному розрахунку панелі. На відстані 0,6 м від опор знаходиться центр тяжіння навантаження G_1 . Визначаємо згинальний момент та поперечну силу:

$$M_{max} = (g + s) \cdot b \cdot l_0^2 / 8 = 5,62 \cdot 3 \cdot 23,7^2 / 8 = 1183,76 \text{ кНм}; \\ Q_{max} = (g + s) \cdot b \cdot l_0 / 2 + G_1 = 5,62 \cdot 3 \cdot 23,7 / 2 + 15,39 = 215,18 \text{ кН.}$$

7.1.1. Розрахунок панелі-оболонки КЗС за несучою здатністю та стійкістю

Підбір поздовжньої попередньо напруженої арматури

Визначаємо площу перерізу арматури у нижньому поясі діафрагм:

$$A_{sp} = \frac{M}{z_0 \cdot f_{pd}} = \frac{1183,76 \cdot 10^6}{1130 \cdot 795} = 1317,70 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо 4Ø22 А1000; $A_{sp} = 4 \cdot 380 = 1520 \text{ мм}^2$ [21].

Перевірка міцності оболонки

Визначаємо необхідну товщину оболонки панелі в середині прольоту з умови міцності:

$$h_{4-5} = \frac{M}{0,75 \cdot z_0 \cdot b_f \cdot f_{cd}} = \frac{1183,76 \cdot 10^6}{0,75 \cdot 1130 \cdot 2940 \cdot 22} = 21,60 \text{ мм} < h_f = 40 \text{ мм.}$$

Перевірка стійкості оболонки

Спочатку визначаємо геометричні характеристики приведенного перерізу в середині прольоту.

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{1,9 \cdot 10^5}{36 \cdot 10^3} = 5,28.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		94

Площа приведенного перерізу:

$$A_{red} = A_1 + 2 \cdot (A_2 + \dots + A_8 + \alpha_s \cdot A_9) = 2940 \cdot 40 + 2 \cdot [220 \cdot 45/2 + 1160 \cdot 40 + 50 \cdot (150 - 40) + 15 \cdot 20 + 45 \cdot 125/2 + 33 \cdot 60/2 + 60 \cdot 100 + 5,28 \cdot 760] = 117600 + 2 \cdot [4950 + 46400 + 5500 + 300 + 2812,50 + 990 + 6000 + 4012,8] = 259530,6 \text{ мм}^2,$$

де $A_1 \dots A_9$ – площі фігур 1 ... 9 на рис. 7.1.

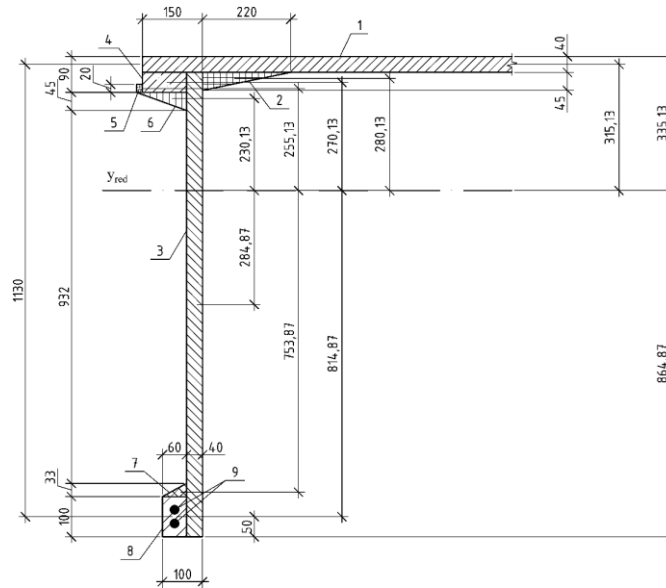


Рис. 7.1. Визначення геометричних характеристик приведенного перерізу

Статичний момент площі приведенного перерізу відносно нижньої грані діафрагми:

$$S_{red} = 117600 \cdot 1180 + 2 \cdot [4950 \cdot (1200 - 55) + 46400 \cdot 1160/2 + 5500 \cdot (1200 - 65) + 300 \cdot (1200 - 80) + 2812,50 \cdot (1200 - 105) + 990 \cdot 111 + 6000 \cdot 50 + 4012,8 \cdot 50] = 224,46 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Відстань від центру тяжіння перерізу до нижньої грані діафрагми:

$$y_{red} = S_{red}/A_{red} = 224,46 \cdot 10^6 / 259530,6 = 864,87 \text{ мм.}$$

Відстань від центру тяжіння перерізу до верхньої грані оболонки:

$$h - y_{red} = 1200 - 864,87 = 335,13 \text{ мм.}$$

Відстань від центру тяжіння перерізу до середини оболонки:

$$y_0 = h - y_{red} - h_f/2 = 1200 - 864,87 - 40/2 = 315,13 \text{ мм.}$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	95
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Ексцентриситет зусилля попереднього обтиснення:

$$e_{op} = y_{red} - a = 864,87 - 50 = 814,87 \text{ мм.}$$

Момент інерції приведенного перерізу відносно центру тяжіння:

$$I_{red} = \sum_1^9 (I_{oi} + A_i \cdot y_i^2) + \alpha_s \cdot A_{sp} \cdot y^2 = \frac{2940 \cdot 40^3}{12} + 117600 \cdot 315,13^2 +$$

$$+ 2 \cdot \left[\frac{220 \cdot 45^3}{36} + 4950 \cdot 280,13^2 + \frac{40 \cdot 1160^3}{12} + 46400 \cdot 284,87^2 + \right.$$

$$+ \frac{110 \cdot 50^3}{12} + 5500 \cdot 270,13^2 + \frac{15 \cdot 20^3}{12} + 300 \cdot 255,13^2 + \frac{125 \cdot 45^3}{36} +$$

$$+ 2812,50 \cdot 230,13^2 + \frac{60 \cdot 33^3}{36} + 990 \cdot 753,87^2 + \frac{60 \cdot 100^3}{12} + 6000 \cdot 814,87^2 +$$

$$\left. + 5,28 \cdot 760 \cdot 814,87^2 \right] = 4598,42 \cdot 10^7 \text{ мм}^4.$$

Момент опору приведенного перерізу для крайнього нижнього волокна:

$$W_{red,b} = I_{red}/y_{red} = 4598,42 \cdot 10^7 / 864,87 = 53,17 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Момент опору приведенного перерізу для крайнього верхнього волокна:

$$W_{red,t} = I_{red}/(h - y_{red}) = 4598,42 \cdot 10^7 / 335,13 = 137,21 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Перевірка прийнятої товщини оболонки за стійкістю:

$$h_{4-5} \geq 0,8 \cdot l_{os} \sqrt{\frac{M_0 \cdot y_0}{E_{cm} \cdot I_{red}}} = 0,8 \cdot 2200 \sqrt{\frac{815,15 \cdot 315,13}{36 \cdot 10^3 \cdot 4598,42 \cdot 10^7}} = 21,92 \text{ мм,}$$

де $M_0 = (g + s) \cdot B \cdot l_0^2 / 8 = 3,87 \cdot 3 \cdot 23,7^2 / 8 = 815,15 \text{ кНм}$ при $\gamma_f = 1$;

$l_{os} = 2940 - 2 \cdot 370 = 2200 \text{ мм}$ – проліт оболонки у світлі між вутами;

$$h_{4-5} = 40 \text{ мм} > 21,92 \text{ мм} \text{ – умова виконується.}$$

Отже, міцність та стійкість оболонки забезпечена.

7.1.2. Геометрія панелі-оболонки КЗС на приопорних ділянках

Використовуємо рівняння верхньої поверхні оболонки для геометричної побудови цієї поверхні (рис. 7.2) [22]:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	96
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$y = 4 \cdot f \cdot x \frac{(l - x)}{l^2} = 4 \cdot 950 \cdot x \frac{(23600 - x)}{23600^2} = 68228x \cdot (23600 - x) \cdot 10^{-10}.$$

Для змінної товщини оболонки на приопорних ділянках маємо рівняння:

$$h_{3-4} = \frac{M}{f_{cd} \cdot z_0 \cdot (x + 200)} = \frac{1183,76 \cdot 10^6}{22 \cdot 1130 \cdot (x + 200)} = \frac{47617,06}{x + 200}.$$

На певній відстані від опори нижня поверхня оболонки має горизонтальну ділянку (380 мм), що переходить у похилу ($\alpha = 27^\circ$), яка перетинається з нижньою криволінійною поверхнею, відмітки якої визначаються як $(y - h_{3-4})$.

Рівняння січної площини (місця перетину – від $x = 380$ мм до 1140 мм):

$$y' = -240 + \operatorname{tg} 27^\circ \cdot (x - 380) \approx -240 + 0,5 \cdot (x - 380).$$

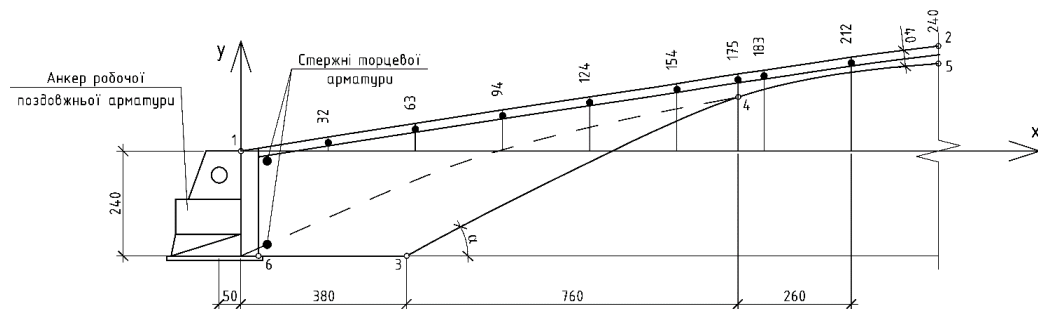


Рис. 7.2. Геометрична схема приопорної ділянки панелі-оболонки КЗС

Для уникнення концентрації напружень, місце перетину площини та параболічної поверхні плавно заокруглено з невеликим радіусом по її твірній.

На проміжку $1800 \leq x \leq 11800$ поверхні оболонки описуються параболічним рівнянням $y(x)$. У табл. 7.1 наведені ординати точок поверхонь.

Таблиця 7.1

x	0	200	400	600	800	1000	1140	1200	1400	1600	1800	2000
y	0	32	63	94	124	154	175	183	212	240	268	295
h_{3-4}	240	119	79	60	48	40	40	40	40	40	40	40
$y - h_{3-4}$	-240	-87	-16	35	77	115	135	143	172	200	228	255
y'	-240	-240	-230	-130	-30	70	140	-	-	-	-	-

7.1.3. Підбір торцевої арматури і анкерів

Необхідна площа торцевої арматури:

$$A_{s1} = \frac{N_1}{f_{yd}};$$

$$N_1 = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{(g_w + 2) \cdot l_0^2 \cdot b_s}{64 \cdot z_0} = \frac{(2,28 + 2) \cdot 23,7^2 \cdot 2,84}{64 \cdot 1130} = 94,41 \text{ кН} \\ \frac{f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot b_s}{8 \cdot b_f} = \frac{795 \cdot 1520 \cdot 2840}{8 \cdot 2940} = 145912 \text{ Н} = 145,91 \text{ кН} \end{array} \right\};$$

g_w – навантаження від власної ваги панелі-оболонки (табл. 2.1):

$$g_w = 3,96 - 1,68 = 2,28 \text{ кН/м}^2;$$

b_s – відстань між осями поздовжньої арматури панелі-оболонки:

$$b_s = 2940 - 2 \cdot 50 = 2840 \text{ мм};$$

$$A_{s1} = \frac{145,91 \cdot 10^3}{365} = 399,75 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо 2Ø18A400C, $A_{s1} = 2 \cdot 254 = 508 \text{ мм}^2$ [21].

Необхідна площа попередньо робочої поверхні анкера кожної діафрагми:

$$A_1 = \frac{M_1}{2 \cdot z_1 \cdot f_{cd}};$$

M_1 – згинальний момент у перерізі панелі-оболонки на відстані 1,5 м від робочої поверхні анкера:

$$M_1 = \frac{5,62 \cdot 3 \cdot 23,7 \cdot 1,5}{2} - \frac{5,62 \cdot 3 \cdot 1,5^2}{2} = 280,72 \text{ кНм};$$

z_1 – вертикальна відстань від осі робочої арматури діафрагм до осі оболонки у перерізі на відстані 1,5 м від робочої поверхні анкера:

$$z_1 = 4 \cdot 950 \cdot 1500 \cdot (23600 - 1500)/23600^2 + 250 - 50 = 426 \text{ мм};$$

$$A_1 = \frac{M_1}{2 \cdot z_1 \cdot f_{cd}} = \frac{280,72 \cdot 10^6}{2 \cdot 426 \cdot 22} = 14976,53 \text{ мм}^2.$$

Анкер приймаємо з $\perp 250 \times 150 \times 20$ та визначаємо його довжину:

$$l_2 = A_1/l_1 = 14976,53/250 = 60 \text{ мм, приймаємо } l_2 = 100 \text{ мм.}$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	98
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

7.1.4. Характеристики попереднього напруження

Спосіб натягу арматури – електротермічний; технологія виготовлення плити – агрегатно-потокова з використанням пропарування.

Величину початкового напруження $\sigma_{p,max}$ призначаємо згідно з [7]:

$$0,3 \cdot f_{p0,1k} \leq \sigma_{p,max} \leq 0,8 \cdot f_{pk} \text{ (або } 0,9 \cdot f_{p0,1k});$$

$$\sigma_{p,max} \geq 0,3 \cdot 955 = 286,5 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{p,max} \leq 0,8 \cdot 1050 = 840 \text{ МПа; } \sigma_{p,max} \leq 0,9 \cdot 955 = 859,5 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $\sigma_{p,max} = 500 \text{ МПа}$.

Максимальна сила, що прикладена до арматури:

$$P_{max} = \sigma_{p,max} \cdot A_p = 500 \cdot 1520 = 804000 \text{ Н} = 804,0 \text{ кН.}$$

Миттєві (технологічні) втрати

1. Від релаксації напружень стержневої арматури:

$$\Delta P_r = 0,03 \cdot A_p \cdot \sigma_{p,max} = 0,03 \cdot 1520 \cdot 500 = 22800 \text{ Н} = 22,80 \text{ кН.}$$

2. При електротермічному способі натягу арматури та використанні пропарування плита нагрівається разом з упорами та формою, тому $\Delta T = 0$, втрати від температурного перепаду $\Delta P_{\Delta t}$, втрати від деформацій форми і анкерів ΔP_3 та ΔP_4 дорівнюють нулю.

З урахуванням миттєвих втрат величина початкової сили напруження арматури складає:

$$P_{m0} = P_{max} - \Delta P_r - \Delta P_{\Delta t} - \Delta P_3 - \Delta P_4 = 804,0 - 22,80 = 781,20 \text{ кН;}$$

$$P_{m0} = 781,20 \text{ кН} \leq 0,75 \cdot f_{pk} = 0,75 \cdot 1050 = 787,5 \text{ кН;}$$

$$P_{m0} = 781,20 \text{ кН} \leq 0,85 \cdot f_{p0,1k} = 0,85 \cdot 955 = 811,75 \text{ кН.}$$

Максимальне стискаюче напруження бетону на рівні центру тяжіння напруженої арматури від дії P_{m0} :

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		99

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m0}}{A_{red}} \pm \frac{P_{m0} \cdot e_{0p} \cdot y_s}{I_{red}} \pm \frac{M_w \cdot y_s}{I_{red}} = \frac{P_{m0}}{A_{red}} + \frac{(P_{m0} \cdot e_{0p} - M_w) \cdot y_s}{I_{red}}$$

$$= \frac{781,20 \cdot 10^3}{259530,6} + \frac{(781,20 \cdot 10^3 \cdot 814,87 - 480,24 \cdot 10^6) \cdot 814,87}{4598,42 \cdot 10^7} = 5,78 \text{ МПа};$$

де M_w – момент від власної ваги панелі-оболонки:

$$M_w = g_w \cdot l_0^2 / 8 = 2,28 \cdot 3 \cdot 23,7^2 / 8 = 480,24 \text{ кНм};$$

$$e_{0p} = y_s = 814,87 \text{ мм.}$$

$$\sigma_{cp} = 5,78 \text{ МПа} < 0,9 \cdot f_{cdp} = 0,9 \cdot 24,5 = 22,05 \text{ МПа};$$

де f_{cdp} – передатна міцність бетону, $f_{cdp} = 0,7 f_{ck, cube} = 0,7 \cdot 35 = 24,5 \text{ МПа}$.

Залежні від часу втрати (експлуатаційні)

1. Зусилля натягу з урахуванням втрат, які залежні від часу, викликані повзучістю та усадкою бетону, а також довготривалою релаксацією напружень в арматурі за [8]:

$$\Delta P_{\Delta t}(t) = \Delta \sigma_{p,c+s+r} \cdot A_p;$$

$\Delta \sigma_{p,c+s+r}$ – «втрати попереднього напруження, викликані усадкою і повзучістю бетону та релаксацією напружень в арматурі в момент часу t » [8]:

$$\Delta \sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs}(t, t_0) \cdot E_p + 0,8 \cdot \Delta \sigma_{pr} + \alpha_s \cdot \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{cp}}{1 + \alpha \cdot \frac{A_p}{A_{red}} \cdot \left(1 + \frac{A_{red}}{I_{red}} \cdot e_{0p}^2\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot \varphi(t, t_0))};$$

$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$ – «очікувані відносні деформації усадки бетону в момент часу $t > 100$ діб» [8];

ε_{ca} – «внутрішня частина усадки, що розвивається в процесі твердіння бетону» [8]:

$$\varepsilon_{ca} = \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca\infty};$$

$$\varepsilon_{ca\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = -2,5 \cdot (29 - 10) \cdot 10^{-6} = -4,75 \cdot 10^{-5};$$

$$\beta_{as} = 1 - e^{(-0,2 \cdot t^{0,5})} = 1 - e^{(-0,2 \cdot 100^{0,5})} = 0,865;$$

$$\varepsilon_{ca} = \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca\infty} = 0,865 \cdot (-4,75 \cdot 10^{-5}) = -4,11 \cdot 10^{-5};$$

ε_{cd} – деформація усадки при випаровуванні із бетону вологи визначаємо за табл. 3.2 [7], без уточнення як $\varepsilon_{cd} = \varepsilon_{cd,0}$, $\varepsilon_{cd} = -4,7 \cdot 10^{-4}$ при відносній вологості у будівлі 50% для бетону класу С 32/40;

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	100
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = -4,7 \cdot 10^{-4} - 4,11 \cdot 10^{-5} = -5,11 \cdot 10^{-4}.$$

$\varphi(t, t_0)$ – коефіцієнт повзучості бетону за період часу від t_0 до $t = 100$ діб, приймаємо за табл. 3.1 [7] $\varphi(t, t_0) = \varphi(\infty, t_0) = 2,0$;

σ_{pg0} – «напруження в арматурі, викликані натягом (з врахуванням миттєвих втрат в $t = t_0$) і від дії постійних навантажень» [8]:

$$\sigma_{pg0} = \frac{P_{m,0}}{A_p} + \sigma_{ср} = \frac{781,20 \cdot 10^3}{1520} + 5,78 = 519,73 \text{ МПа};$$

$\Delta\sigma_{pr}$ – «абсолютна зміна напружень в напруженій арматурі в розрахунковому перерізі, яка викликана релаксацією арматурної сталі» [8].

При $\sigma_p/f_{pk} = 519,73/1050 = 0,5$, приймаючи $\sigma_p = \sigma_{pg0}$, втрати початкового попереднього напруження для 3-го релаксаційного класу арматури складають 1,5%:

$$\Delta\sigma_{pr} = 0,015 \cdot \sigma_{p,max} = 0,015 \cdot 500 = 7,5 \text{ МПа};$$

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{5,11 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 + 0,8 \cdot 7,5 + 5,28 \cdot 2,0 \cdot 5,78}{1 + 5,28 \cdot \frac{1520}{259530,6} \cdot \left(1 + \frac{259530,6}{4598,42 \cdot 10^7} \cdot 814,87^2\right)} \cdot (1 + 0,8 \cdot 2,0) = 118,78 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_{\Delta t}(t) = 118,78 \cdot 1520 = 180,55 \text{ Н} = 180,55 \text{ кН}.$$

Середнє значення зусилля попереднього обтискування $P_{m,t}$ в момент часу $t > t_0$ (з урахуванням всіх втрат) не повинно бути більшим, ніж встановлене [7]:

$$P_{m,t} = P_{m,0} - \Delta P_{\Delta t}(t) \leq 0,65 \cdot f_{pk} \cdot A_p;$$

$$P_{m,t} = 781,20 - 180,55 = 600,65 \text{ кН} \leq 0,65 \cdot 1050 \cdot 1520 = 1037,4 \text{ кН}.$$

7.1.5. Розрахунок міцності похилих перерізів

Поперечна сила на опорі: $V_{Ed,max} = 215,18 \text{ кН}$; для кожної діафрагми вона складає $V_{Ed,max}/2 = 215,18/2 = 107,59 \text{ кН}$.

Опорний переріз – переріз за опорною балкою (на відстані 380 мм від торця панелі, рис. 7.2): $d = 240 + 65 - 50 = 255 \text{ мм}$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		101

На ділянках діафрагм довжиною $0,85 - 0,1l$, що примикають до опор, приймаємо конструктивну арматуру $\emptyset 8A240C$ ($A_{sw} = 50,3\text{мм}^2$; $f_{ywd} = 170\text{МПа}$ з кроком $s = 100\text{ мм}$ [21].

Зусилля в поперечній арматурі на одиницю довжини елемента:

$$q_{sw} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd}}{s} = \frac{50,3 \cdot 170}{100} = 85,51 \text{ Н/мм.}$$

Уважаємо, що проекція похилого перерізу $c_0 = 2 \cdot d = 2 \cdot 255 = 510\text{ мм}$, отже, висота перерізу на відстані $380 + 510 = 890\text{ мм}$ від торця панелі з рис. 7.2 дорівнює: $h = 155 + 240 = 395\text{ мм}$.

Розрахункове значення проекції похилого перерізу:

$$c = d \cdot \sqrt{\frac{1,5}{\frac{0,75 \cdot q_{sw}}{\varphi_n \cdot f_{ctd} \cdot b} + 1,5 \cdot \text{tg}^2 \beta}};$$

де β – кут нахилу верхньої поверхні плити з кінця похилої тріщини:

$$\text{tg} \beta = \frac{155}{890} = 0,174;$$

$$\varphi_n = 1 + 1,6 \cdot \frac{P}{f_{cd} \cdot A_1} - 1,16 \cdot \left(\frac{P}{f_{cd} \cdot A_1} \right)^2;$$

P – зусилля натягу на кожену діафрагму, $P = P_{m,t}/2 = 600,65/2 = 300,33\text{ кН}$;

A_1 – площа діафрагми, $A_1 = 100 \cdot 395 = 39500\text{ мм}^2$;

$$\varphi_n = 1 + 1,6 \cdot \frac{300,33 \cdot 10^3}{22 \cdot 39500} - 1,16 \cdot \left(\frac{300,33 \cdot 10^3}{22 \cdot 39500} \right)^2 = 1,41;$$

$$c = 255 \cdot \sqrt{\frac{1,5}{\frac{0,75 \cdot 85,51}{1,41 \cdot 1,4 \cdot 100} + 1,5 \cdot 0,174^2}} = 513\text{ мм.}$$

Приймаємо найбільш невідгідне значення $c_1 = c = 513\text{ мм}$.

Повна та робоча висота перерізу діафрагми на відстані $380 + 513 = 893\text{ мм}$ від торця панелі дорівнюють:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		102

$$h = 893 \cdot 0,174 + 240 = 395 \text{ мм}; d = 395 - 50 = 345 \text{ мм.}$$

$$\varphi_n = 1 + 1,6 \cdot \frac{300,33 \cdot 10^3}{22 \cdot 100 \cdot 345} - 1,16 \cdot \left(\frac{300,33 \cdot 10^3}{22 \cdot 100 \cdot 345} \right)^2 = 1,45.$$

$$V_b = \frac{1,5 \cdot \varphi_n \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5 \cdot 1,45 \cdot 1,40 \cdot 100 \cdot 345^2}{513} = 70649 \text{ Н.}$$

$$V_{sw} = 0,75 \cdot q_{cw} \cdot c = 0,75 \cdot 85,51 \cdot 513 = 32900 \text{ Н.}$$

Значення Q_1 на відстані $l_1 = 380 + 513 = 893$ мм від торця панелі:

$$V_1 = V_{Ed} - (g + s) \cdot (b_0/2) \cdot l_1 = 107,59 - 5,62 \cdot (3/2) \cdot 0,893 = 100,06 \text{ кН.}$$

$$V_b + V_{sw} = 70,65 + 32,90 = 103,55 \text{ кН} > V_1 = 100,06 \text{ кН,}$$

Умова виконується, міцність похилого перерізу забезпечена.

7.1.6. Розрахунок поля оболонки на згин між діафрагмами (уздовж твірної)

На діафрагми при вигині оболонки передається згинальне навантаження q_b . Отже, визначаємо q_b для різних схем завантаження тимчасовим (сніговим) навантаженням і найбільш несприятливого впливу зусилля попереднього напруження.

Рівномірне завантаження панелі-оболонки повним завантаженням

$$P = P_{m,t} \cdot \gamma_{sp} = 600,65 \cdot 1,1 = 660,72 \text{ кН}; \sigma_{sp} = \sigma_{sp} \cdot \gamma_{sp} = 500 \cdot 1,1 = 550 \text{ МПа.}$$

Вертикальне навантаження на 1 м^2 :

$$q_N = \frac{8 \cdot P_{m,t}}{b_0 \cdot l_0^2} \cdot \left(\frac{I_{red}}{y_0 \cdot A_{red}} - e_{op} \right) = \frac{8 \cdot 660,72 \cdot 10^3}{3000 \cdot 23700^2} \cdot \left(\frac{4598,42 \cdot 10^7}{315,13 \cdot 259530,6} - 814,87 \right) = -7,92 \cdot 10^{-4} \text{ Н/мм}^2 = -0,79 \text{ кН/м}^2.$$

Коефіцієнт впливу форми перерізу панелі-оболонки:

$$\chi = \frac{b_f \cdot h_f \cdot y_0 \cdot z_0}{I_{red}} = \frac{2940 \cdot 40 \cdot 315,13 \cdot 1130}{4598,42 \cdot 10^7} = 0,91.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		103

Значення граничного навантаження, яке може сприйняти панель-оболонка у стані граничної рівноваги (безпосередньо перед руйнуванням):

$$q_u = \frac{8 \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot z_0}{b_0 \cdot l_0^2} = \frac{8 \cdot 795 \cdot 1520 \cdot 1130}{3000 \cdot 23700^2} = 6,48 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} > (g + s) = 5,62 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

Вигин панелі від сил попереднього напруження:

$$w_N = -\frac{P_{m,t} \cdot e_{op} \cdot l_0^2}{6 \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = -\frac{660,72 \cdot 10^3 \cdot 814,87 \cdot 23700^2}{6 \cdot 36000 \cdot 4598,42 \cdot 10^7} = -30,45 \text{ мм.}$$

Прогин панелі у момент початку текучості арматури діафрагм:

$$w_{pl} = \frac{0,173 \cdot l_0^2}{z_0 \cdot E_s} \cdot \left[\left(1 + \alpha \cdot \frac{A_{sp}}{A_c} \right) \cdot 1,4 \cdot f_{pd} - \sigma_{sp} + \Delta\sigma_{p,c+s+r} \right] =$$

$$= \frac{0,173 \cdot 23700^2}{1130 \cdot 1,9 \cdot 10^5} \cdot \left[\left(1 + 5,28 \cdot \frac{1520}{2940 \cdot 40} \right) \cdot 1,4 \cdot 795 - 550 + 118,78 \right] = 342,95 \text{ мм.}$$

Розрахунковий прогин панелі:

$$w_{0,max} = w_{pl} - (w_{pl} - w_N) \cdot \sqrt{1 - \frac{g + s}{q_u}} =$$

$$= 342,95 - (342,95 + 30,45) \cdot \sqrt{1 - \frac{5,62}{6,86}} = 184,20 \text{ мм.}$$

До оболонки прикладається розрахункове навантаження на 1 м² (із врахуванням власної ваги оболонки і без врахування власної ваги діафрагм, табл.2.1): $q_m = 5,62 - 0,72 = 4,90 \text{ кН/м}^2$.

За рахунок згину оболонки на діафрагми передається розрахункове згинальне навантаження на 1 м² $q_{b,m}$:

$$q_{b,m} = q_m - \left(1 - \frac{w_{0,max}}{z_0} \right) \cdot (q + q_N) \cdot \chi =$$

$$= 4,90 - \left(1 - \frac{184,20}{1130} \right) \cdot (5,62 - 0,76) \cdot 0,91 = 1,20 \text{ кН/м}^2.$$

Завантаження панелі-оболонки постійним навантаженням g і сніговим s , яке розміщене на лівій половині прольоту

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	104
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Відношення снігового та постійного навантажень:

$$\gamma = \frac{s}{g} = \frac{1,66}{3,96} = 0,42.$$

$$q_s = g + s/2 = 3,96 + 1,66/2 = 4,79 \text{ кН/м}^2.$$

Розрахунковий прогин панелі при дії q_s :

$$\begin{aligned} w_{0,max} &= w_{pl} - (w_{pl} - w_N) \cdot \sqrt{1 - \frac{q_s}{q_u}} = \\ &= 342,95 - (342,95 + 30,45) \cdot \sqrt{1 - \frac{4,79}{6,86}} = 137,83 \text{ мм.} \end{aligned}$$

При односторонньому завантаженні за рахунок згину оболонки на діафрагми передається розрахункове згинальне навантаження на 1 м^2 $q_{b,l}$:

$$\begin{aligned} q_{b,l} &= q_m - \left(1 - \frac{2 \cdot (1 + \gamma) \cdot w_{0,max}}{(2 + \gamma) \cdot z_0}\right) \cdot \left(\frac{3 + 2 \cdot \gamma}{3} \cdot g + q_N\right) \cdot \chi = \\ &= 4,90 - \left(1 - \frac{2 \cdot (1 + 0,42) \cdot 137,83}{(2 + 0,42) \cdot 1130}\right) \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{3 + 2 \cdot 0,42}{3} \cdot 3,96 - 0,76\right) \cdot 0,91 = 1,54 \text{ кН/м}^2. \end{aligned}$$

На правій половині прольоту панелі-оболонки створюється від'ємне згинальне навантаження (направлене вгору), оскільки відсутнє снігове навантаження.

$$P = P_{m,t} \cdot \gamma_{sp} = 600,65 \cdot 0,9 = 540,59 \text{ кН}; \sigma_{sp} = \sigma_{sp} \cdot \gamma_{sp} = 500 \cdot 0,9 = 450 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне по нормальній силі вертикальне навантаження, що виникає в оболонці від попереднього напруження:

$$q_N = -0,79 \cdot \frac{540,59}{660,72} = -0,65 \text{ кН/м}^2.$$

Вигин панелі від попереднього напруження:

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		105

$$w_N = -30,45 \cdot \frac{540,59}{660,72} = -24,91 \text{ мм.}$$

Прогин панелі на початку текучості арматури діафрагм:

$$w_{pl} = \frac{0,173 \cdot l_0^2}{z_0 \cdot E_s} \cdot \left[\left(1 + \alpha \cdot \frac{A_{sp}}{A_c} \right) \cdot 1,4 \cdot f_{pd} - \sigma_{sp} + \Delta\sigma_{p,c+s+r} \right] =$$

$$= \frac{0,173 \cdot 23700^2}{1130 \cdot 1,9 \cdot 10^5} \cdot \left[\left(1 + 5,28 \cdot \frac{1520}{2940 \cdot 40} \right) \cdot 1,4 \cdot 795 - 450 + 118,78 \right] = 388,21 \text{ мм.}$$

Розрахунковий прогин при сніговому навантаженні на лівій половині прольоту:

$$w_{0,min} = w_{pl} - (w_{pl} - w_N) \cdot \sqrt{1 - \frac{q_s}{1,4 \cdot q_u}} =$$

$$= 388,21 - (388,21 + 24,91) \cdot \sqrt{1 - \frac{4,79}{1,4 \cdot 6,86}} = 95,73 \text{ мм.}$$

Розрахункове навантаження на 1 м^2 , що прикладається до оболонки на правій половині панелі (постійне без врахування власної ваги діафрагм):

$$q_m = 5,62 - 0,72 - 1,66 = 3,24 \text{ кН/м}^2.$$

Розрахункове згинальне навантаження на 1 м^2 , що передається на діафрагми за рахунок згину оболонки на правій половині прольоту панелі:

$$q_{b,r} = q_m - \left(1 - \frac{2 \cdot (1 + \gamma) \cdot w_{0,min}}{(2 + \gamma) \cdot z_0} \right) \cdot \left(\frac{3 + 2 \cdot \gamma}{3} \cdot g + q_N \right) \cdot \chi =$$

$$= 3,24 - \left(1 - \frac{2 \cdot (1 + 0,42) \cdot 95,73}{(2 + 0,42) \cdot 1130} \right) \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{3 + 2 \cdot 0,42}{3} \cdot 3,96 - 0,62 \right) \cdot 0,91 = -0,41 \text{ кН/м}^2.$$

Отже, найбільше згинальне навантаження, що передається на діафрагми, відповідає завантаженню снігом лівої половини прольоту: $q_{b,max} = q_{b,l} = 1,54 \text{ кН/м}^2$.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
						здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	106
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

7.1.7 Підбір перерізу арматури оболонки

Момент від найбільшого навантаження $q_{b,max}$ з урахуванням перерозподілу зусиль при зломі оболонки:

$$M = \frac{q_{b,max} \cdot l_{0s}^2}{16} = \frac{1,54 \cdot 2,2^2}{16} = 0,466 \text{ кНм/м,}$$

де $l_{0s} = 2940 - 2 \cdot 370 = 2200$ мм – проліт оболонки у світлі між вутами;

Необхідну площу перерізу арматури підбираємо на 1 м ширини оболонки; для армування використовуються сітки з арматурної проволочки $\emptyset 5B500$.

$$d = \frac{h_f}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ мм; } \alpha_m = \frac{M}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,466 \cdot 10^6}{22 \cdot 1000 \cdot 20^2} = 0,053.$$

$\zeta = 0,966 > 0,950$ при $\alpha_m = 0,053$. Приймаємо $\zeta = 0,950$.

Необхідна площа арматури:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d} = \frac{0,466 \cdot 10^6}{415 \cdot 0,950 \cdot 20} = 59,10 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $5\emptyset 5B500$ з кроком $s = 200$ мм, $A_s = 98,2 \text{ мм}^2 > 59,10 \text{ мм}^2$.

Ця арматура встановлюється в оболонці впоперек прольоту панелі.

У поздовжньому напрямку приймаємо конструктивну арматуру в залежності від мінімального відсотку армування:

$$A_s = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \cdot 20 = 40 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо $5\emptyset 4B500$ з кроком $s = 200$ мм, $A_s = 62,8 \text{ мм}^2 > 40 \text{ мм}^2$ [21].

Значення граничного навантаження, яке оболонка з прийнятим армуванням зможе сприйняти:

$$q_{b,u} = \frac{8 \cdot A_s \cdot f_{yd}}{l_{0s}^2} \cdot \left(1000 \cdot h_f - \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd}} \right) = \frac{8 \cdot 98,2 \cdot 415}{2200^2} \cdot \left(1000 \cdot 40 - \frac{98,2 \cdot 415}{22} \right) = 2569,63 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} = 2,57 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} > q_{b,max} = 1,54 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		107

7.1.8 Перевірка міцності з'єднання оболонки з діафрагмою

Згинальні моменти в перерізах 1-1 і 2-2 (рис.7.3) приймаються рівними:

$$M_1 = M_2 = -q_{b,max} \cdot \left[\frac{l_v^2}{16} + \frac{a_v}{2} \cdot (a_v + l_v) \right] =$$

$$= -1,54 \cdot \left[\frac{2,2^2}{16} + \frac{0,22}{2} \cdot (0,22 + 2,2) \right] = -0,88 \text{ кНм},$$

де $l_v = l_{os} = 2200$ мм – проліт оболонки у світлі між вутами;

$a_v = 220$ мм – ширина вута оболонки від грані діафрагми.

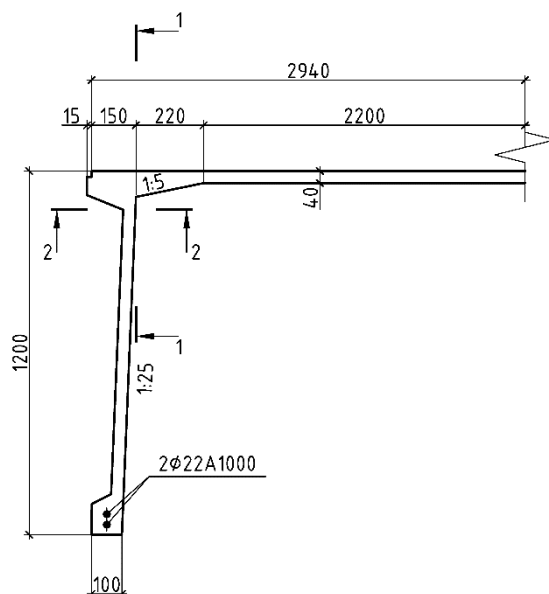


Рис. 7.3. Розрахункові перерізи для перевірки міцності з'єднання оболонки з діафрагмою

Момент M_1 сприймається поперечною арматурою (на 1 м $5\phi 5B500$, $A_s = 98,2 \text{ мм}^2$), тоді граничний момент, який може сприйняти переріз, дорівнює:

$$M_{1,u} = f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0,5 \cdot x) = 22 \cdot 1000 \cdot 1,85 \cdot (65 - 0,5 \cdot 1,85) =$$

$$= 2,61 \cdot 10^6 \text{ Нмм} = 2,06 \text{ кНм} > M_1 = 0,88 \text{ кНм},$$

де $d = h - 20 = 85 - 20 = 65$ мм – робоча висота в перерізі 1-1;

x – Висота стиснутої зони бетону при сприйнятті згинального моменту від'ємного знаку:

$$x = \frac{f_{yd} \cdot A_s}{f_{cd} \cdot b} = \frac{415 \cdot 98,2}{22 \cdot 1000} = 1,85 \text{ мм}.$$

Отже, додаткове армування не потрібне; несуча здатність вута достатня. Конструктивно встановлюємо у вутах сітки з ØB500.

Момент M_2 сприймається вертикальними стержнями – підвісками, що розміщені в ребрах жорсткості діафрагм (по 2Ø10A400C у кожному ребрі).

$$b = 12 \cdot b_1 = 12 \cdot 40 = 480 \text{ мм},$$

де $b_1 = 40$ мм – товщина стінки діафрагми).

Робоча висота в перерізі 2-2: $d = 150/2 = 75$ мм.

Висота стиснутої зони бетону:

$$x = \frac{f_{yd} \cdot A_s}{f_{cd} \cdot b} = \frac{415 \cdot 78,5}{22 \cdot 480} = 3,08 \text{ мм}.$$

Несуча здатність перерізу:

$$\begin{aligned} M_{2,u} &= f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot (d - 0,5 \cdot x) = 22 \cdot 480 \cdot 3,08 \cdot (75 - 0,5 \cdot 3,08) = \\ &= 2,39 \cdot 10^6 \text{ Нмм} = 2,39 \text{ кНм} > M_2 = 0,88 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

Отже, несуча здатність перерізу 2-2 достатня.

7.1.9. Розрахунок панелі-оболонки КЗС за II-ою групою граничних станів

Розрахунок за [8] на утворення нормальних тріщин

Згинальний момент при $\gamma_f = 1$: $M_{Ed} = 3,87 \cdot 3 \cdot 23,7^2/8 = 815,15$ кНм.

Зусилля натягу із врахуванням усіх втрат: $P_{m,t} = 600,65$ кН.

Ексцентриситет зусилля натягу: $e_{op} = 814,87$ мм.

Момент опору приведенного перерізу для крайнього нижнього волокна:

$$W_{red,b} = 53,17 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Момент опору приведенного перерізу для крайнього верхнього волокна:

$$W_{red,t} = 137,21 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Площа приведенного перерізу: $A_{red} = 295530,6$ мм²,

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		109

Ядрова відстань:

$$r = \frac{W_{red,b}}{A_{red}} = \frac{53,17 \cdot 10^6}{295530,6} = 179,91 \text{ мм, тодв при } \gamma = 1,3:$$

$$M_{w,ult} = \gamma \cdot f_{ctm} \cdot W_{red} + P \cdot (e_{op} + r) = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 53,17 \cdot 10^6 + 600,65 \cdot 10^3 \cdot (814,87 + 179,91) = 816,87 \cdot 10^6 \text{ Нмм} = 816,87 \text{ кНм.}$$

$M_{w,ult} = 816,27 \text{ кНм} > M_{Ed} = 815,15 \text{ кНм}$, тобто нормальні тріщини не утворюються при експлуатаційному навантаженні.

Розрахунок прогину панелі-оболонки

У середині прольоту прогин панелі-оболонки визначаємо із врахуванням довготривалої дії попереднього напруження за формулою:

$$w_{ol} = \frac{B \cdot [q_{sh} + (1 + \varphi(t, t_0)) \cdot q_1 - q_N] \cdot l_0^4}{48 \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} - \frac{\Delta\sigma_{p,c+s+r} \cdot l_0^2}{6 \cdot E_p \cdot d};$$

$$q_N = \frac{8P_{m,0} \cdot e_{op}}{b_0 \cdot l_0^2} = \frac{8 \cdot 781,20 \cdot 10^3 \cdot 814,87}{3000 \cdot 23700^2} = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ Н/мм}^2 = 3,02 \text{ кН/м}^2;$$

q_{sh} – короткочасна частина навантаження: $q_{sh} = 0,5 \cdot 0,73 = 0,365 \text{ кН/м}^2$;

q_1 – постійне і довготривале навантаження: $q_1 = 0,365 + 3,14 = 3,505 \text{ кН/м}^2$;

$$d = h - 50 = 1200 - 50 = 1150 \text{ мм};$$

$$w_{ol} = \frac{3 \cdot [0,365 + (1 + 2) \cdot 3,505 - 3,02] \cdot 23,7^4}{48 \cdot 36 \cdot 45984,2} - \frac{118,78 \cdot 23,7^2}{6 \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot 1,15} = 0,0936 - 0,0509 = 0,0427 \text{ м.}$$

Граничний прогин відповідно до [23] складає:

$$l/250 = 23,7/250 = 0,0948 > 0,0427 \text{ м} - \text{умова виконується.}$$

Отже, прогин плити-оболонки є допустимим.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		110

ВИСНОВКИ

У результаті даної кваліфікаційної роботи запроектовано логістичний центр в м. Біла Церква, який складається з основного складського приміщення, площею понад 5760 м², та прибудованого адміністративно-побутового комплексу.

У розділі 1 «Архітектурно-планувальні рішення» наведено загальну характеристику об'єкту та майданчику будівництва, викладено інформацію про об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівлі, виконано теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій.

У розділі 2 «Будівельні конструкції» зібрано навантаження на будівлю, підібрано необхідні розміри бетонних перерізів, площі перерізу поздовжньої і поперечної арматури ригеля та колони.

У розділі 3 «Основи і фундаменти» проаналізовано геологічні та гідрогеологічні умови майданчику будівництва логістичного центру, запроектовано стовпчастий пальовий фундамент із забивних паль, розраховано величину осідання основи фундаменту.

У розділі 4 «Технологія і організація будівництва» розроблено технологічну карту на монтаж стінового огороження будівлі, календарний план виконання будівельних робіт, календарні плани руху машин і механізмів, руху робітників, постачання матеріалів і конструкцій.

У розділі 5 «Охорона праці та навколишнього середовища» проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи безпеки для мінімізації ризиків.

У розділі 6 «Економіка будівництва» складено пакет кошторисної документації будівництва логістичного центру.

У розділі 7 «Спеціальна частина» виконано розрахунок збірної залізобетонної панелі-оболонки КЗС за I та II групами граничних станів.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		111

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – К.: Мінрегіон України, 2018, – 30 с – чинний з 01.01.2019.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006, – 77 с – чинний з 01.01.2007.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022, – 23 с – чинний з 01.09.2022.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіон України, 2021, – 123 с – чинний з 01.11.2011.
5. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022, – 60 с – чинний з 01.03.2023.
6. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1 – К.: Мінрегіон України, 2011, – 71 с – чинний з 01.06.2020.
7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування – К.: Мінрегіон України, 2011, – 118 с – чинний з 01.06.2011.
8. Кріпак В.Д. «Розрахунок залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи за ДБН В.2.6-98:2009». Навчальний посібник – К.: КНУБА, 2015, – 72 с.
9. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація (ГОСТ 25100-95). – К.: Держкоммістобудування, 1996, – 51 с – чинний з 01.04.1997.
10. Корнієнко М.В. «Основи і фундаменти». Навчальний посібник – К.: КНУБА, 2009, – 163 с.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		112

11. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення – К.: Мінрегіон України, 2018, – 36 с – чинний з 01.01.2019.
12. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення – К.: Мінрегіон України, 2018, – 137 с – чинний з 01.03.2019.
13. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) – К.: Мінрегіон України, 2012, – 94 с – чинний з 01.04.2012.
14. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва – К.: Мінрегіон України, 2018, – 46 с – чинний з 01.01.2016.
15. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD) – К.: Мінрегіон України, 2012, – 37 с – чинний з 01.12.2012.
16. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації – К.: МОЗ України, 1999, – 39 с – чинний з 01.12.1999.
17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку – К.: МОЗ України, 1999, – 39 с – чинний з 01.12.1999.
18. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD) – К.: Мінрегіон України, 2012, – 14 с – чинний з 01.12.2012.
19. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека – К.: Мінрегіон України, 2022, – 17 с – чинний з 01.09.2022.
20. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва. З урахуванням Змін № 1, № 2, № 3, № 4 – К.: 2021, – 57 с – чинна з 21.03.2024.
21. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови – К.: Мінрегіон України, 2019, – 28 с – чинний з 01.08.2019.
22. Павліков А.М. «Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини». Підручник – П.:ТОВ «АСМІ» 2017, – 287 с.
23. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування – К.: Мінбуд України, 2006, – 15 с – чинний з 01.01.2007.

						КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувачки ступеня вищої освіти «бакалавр»	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		113