

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

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

Кафедра Матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХУ З ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
ВИРОБІВ, м. ХАРКІВ.**











Розробив: студент IV курсу, групи ПЦБ 2022-1
спеціальності 192 - Будівництво та цивільна
інженерія ОПП «Промислове та цивільне
будівництво» Решетніков Євгеній Олександрович

Керівник: к.т.н., доц. Гуркаленко В.А.

Рецензент: к.т.н., доц. Макаренко О.В.

2026 рік

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	Мороз Н.		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	Гаврилюк О. В.	
	Розрахунок надземної частини об'єкту	Набока А. В.	
3. Технологічні рішення та організація будівництва 3.1 Технологія та організація будівельного виробництва (технологічна карта) 3.2 Технологічна частина (для об'єктів виробничого призначення:	Братишко С. Н. Гуркаленко В.А.		
4. Охорона праці	Косенко Н.О.		
Нормоконтроль	Гуркаленко В.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	27.05.26 – 17.06.26	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	27.05.26 – 17.06.26	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	27.05.26 – 17.06.26	виконано
4. Охорона праці	27.05.26 – 17.06.26	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи



к.т.н., доц. Гуркаленко

В.А.. Завдання прийняв до виконання



Решетников С. О.

Дата видачі завдання "27" травня 2026 р.

АНОТАЦІЯ

Решетніков Є.О. «Проектування цеху з виробництва залізобетонних виробів, м. Харків».

Кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. – Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, 2026.

У кваліфікаційній роботі представлено повний цикл архітектурно-будівельного проектування об'єкта промислового призначення з урахуванням сучасних вимог до функціональності, енергоефективності та безпеки. Робота складається з чотирьох основних розділів.

У дипломній роботі розроблено проект цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків. Розроблено технологічний процес виробництва багатопустотних плит перекриття марки ПК 63.12-8.

В першому розділі виконано аналіз району будівництва та кліматичних умов майданчика, розроблено генеральний план підприємства, прийнято архітектурно-будівельні та конструктивні рішення виробничого корпусу. В другому розділі виконано розрахунок основних несучих конструкцій будівлі, зокрема фундаментів, колон, підкранових балок та кроквяних ферм. В третьому розділі розглянуто питання організації будівництва, визначено обсяги будівельно-монтажних робіт, розраховано трудомісткість та потребу в основних ресурсах, технологічний процес виробництва багатопустотних плит перекриття, виконано розрахунок виробничої програми підприємства та підбір основного технологічного обладнання. В четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту.

Розроблений проект відповідає вимогам чинних нормативних документів та забезпечує ефективне функціонування підприємства з виробництва залізобетонних виробів.

Ключові слова: залізобетонні вироби, багатопустотні плити, технологія виробництва, організація будівництва, охорона праці.

ЗМІСТ

1	АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	7
1.1	Аналіз сучасного стану виробництва залізобетонних виробів.....	7
1.2	Характеристика району будівництва.....	8
1.3	Генеральний план підприємства	10
1.4	Об'ємно-планувальні рішення виробничого корпусу.....	13
1.5	Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкції	18
1.5.1	Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	19
1.5.2	Теплотехнічний розрахунок покриття	20
1.6	Розрахунок природного освітлення.....	21
	Висновки до розділу 1.....	22
2	РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	24
2.1	Розрахунок підземної частини об'єкта	22
2.2	Розрахунок надземної частини об'єкта	36
2.2.1	Розрахунок залізобетонної колони.....	36
2.2.2	Розрахунок підкранової балки	40
2.2.3	Розрахунок кроквяної ферми.....	44
2.2.4	Просторова жорсткість каркаса	47
	Висновки до розділу 2.....	50
3	ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА.....	51
3.1	Технологія та організація будівельного виробництва	51
3.2	Технологічна частина.....	62
3.2.1	Характеристика продукції	62
3.2.2	Технологія виробництва багатопустотних плит перекриття	63
3.2.3	Розрахунок виробничої програми.....	72
3.2.4	Підбір технологічного обладнання.....	75
3.2.5	Охорона навколишнього середовища у технологічному процесі	80
	Висновки до розділу 3.....	81
4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	82
4.1	Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні	75

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проектування	76
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування	86
4.4 Розробка заходів щодо зниження виробничих небезпек на об'єкті проектування	88
Висновки до розділу 4.....	91
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	95

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз сучасного стану виробництва залізобетонних виробів

Будівельна галузь є однією з найважливіших складових економіки будь-якої держави. Розвиток житлового, громадського та промислового будівництва безпосередньо залежить від забезпечення якісними будівельними матеріалами та конструкціями. Серед сучасних будівельних матеріалів особливе місце займає залізобетон, який завдяки поєднанню високої міцності, довговічності та економічності отримав широке застосування у будівництві.

Залізобетон являє собою композиційний матеріал, який складається з бетону та сталеві арматури. Бетон ефективно працює на стиск, а арматура сприймає розтягувальні зусилля. Завдяки спільній роботі цих матеріалів забезпечується висока несуча здатність конструкцій, їх надійність та довговічність.

Історія розвитку залізобетонних конструкцій налічує понад сто років. Протягом цього часу технології виробництва постійно вдосконалювалися, що дозволило значно підвищити якість продукції та розширити сферу її застосування. Сьогодні залізобетон використовується практично в усіх галузях будівництва, включаючи житлове, промислове, транспортне та спеціальне будівництво.

Особливого розвитку набуло виробництво збірних залізобетонних виробів. Використання збірних конструкцій дозволяє значно скоротити строки будівництва, підвищити якість виконання монтажних робіт та знизити трудомісткість будівельних процесів.

Основними перевагами збірного залізобетону є:

- висока заводська готовність виробів;
- скорочення строків будівництва;
- підвищення якості конструкцій;
- можливість широкої механізації виробничих процесів;
- зменшення витрат праці на будівельному майданчику;
- довговічність та надійність конструкцій;

– економічна ефективність виробництва.

На сучасних підприємствах будівельної індустрії виготовляється широкий асортимент залізобетонних виробів. До найбільш поширених належать плити перекриття, фундаментні блоки, колони, балки, ригелі, стінові панелі, сходові марші та інші конструктивні елементи будівель і споруд. Особливе місце серед продукції підприємств збірного залізобетону займають багатопустотні плити перекриття. Вони широко використовуються у житловому, громадському та промисловому будівництві завдяки своїм високим технічним та експлуатаційним характеристикам. Основними перевагами багатопустотних плит перекриття є висока міцність, зменшена власна вага, хороші теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості. Наявність пустот дозволяє зменшити витрати бетону та арматури без суттєвого зниження несучої здатності виробів. Сучасне виробництво залізобетонних виробів здійснюється із застосуванням автоматизованих технологічних ліній, високопродуктивного обладнання та сучасних систем контролю якості. Виробничий процес включає підготовку сировини, виготовлення арматурних каркасів, приготування бетонної суміші, формування виробів, тепловологісну обробку, контроль якості та складування готової продукції.

Одним із головних напрямків розвитку сучасних підприємств є впровадження енергоефективних технологій, автоматизація виробничих процесів та використання сучасних будівельних матеріалів. Значна увага приділяється підвищенню якості продукції та зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

З огляду на постійний попит на залізобетонні вироби проєктування сучасного цеху з виробництва багатопустотних плит перекриття є актуальним завданням та має важливе значення для розвитку будівельної галузі.

1.2 Характеристика району будівництва

Проєктований цех з виробництва залізобетонних виробів розташовується у місті Харків. Харків є одним із найбільших промислових, наукових та транспортних центрів України. Розвинена інфраструктура міста забезпечує сприятливі умови для розміщення підприємств будівельної індустрії. Вибір

району будівництва обумовлений наявністю транспортних комунікацій, необхідної сировинної бази, трудових ресурсів та інженерних мереж. Розташування підприємства дозволяє забезпечити ефективне постачання матеріалів та відвантаження готової продукції. Клімат району будівництва помірно континентальний. Для нього характерні тепле літо та холодна зима. Кліматичні умови враховуються під час проектування виробничого корпусу та виконання теплотехнічних розрахунків.

Таблиця 1.1 – Основні кліматичні характеристики району будівництва

Показник	Значення
Район будівництва	м. Харків
Температура внутрішнього повітря	+18 °С
Температура зовнішнього повітря	-22 °С
Сніговий район	III
Снігове навантаження	1,8 кПа
Вітровий район	II
Вітрове навантаження	0,38 кПа
Глибина промерзання ґрунту	1,2 м

Розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року становить мінус 22°С. Розрахункова температура внутрішнього повітря виробничих приміщень приймається плюс 18 °С. Відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 територія будівництва належить до III снігового району. Нормативне значення снігового навантаження становить 1,8 кПа. За вітровим районуванням район будівництва належить до II вітрового району. Нормативне значення вітрового навантаження становить 0,38 кПа. Глибина сезонного промерзання ґрунту приймається 1,2 м. Територія будівництва забезпечена необхідними інженерними мережами електропостачання, водопостачання та водовідведення. Це створює сприятливі умови для будівництва та подальшої експлуатації підприємства. Сприятливі природно-кліматичні умови, наявність транспортних комунікацій,

інженерної інфраструктури та необхідної сировинної бази роблять місто Харків доцільним місцем для розміщення підприємства з виробництва залізобетонних виробів.

1.3 Генеральний план підприємства

На рисунку 1.1 наведено генеральний план підприємства з розташуванням основних виробничих, складських та допоміжних споруд.

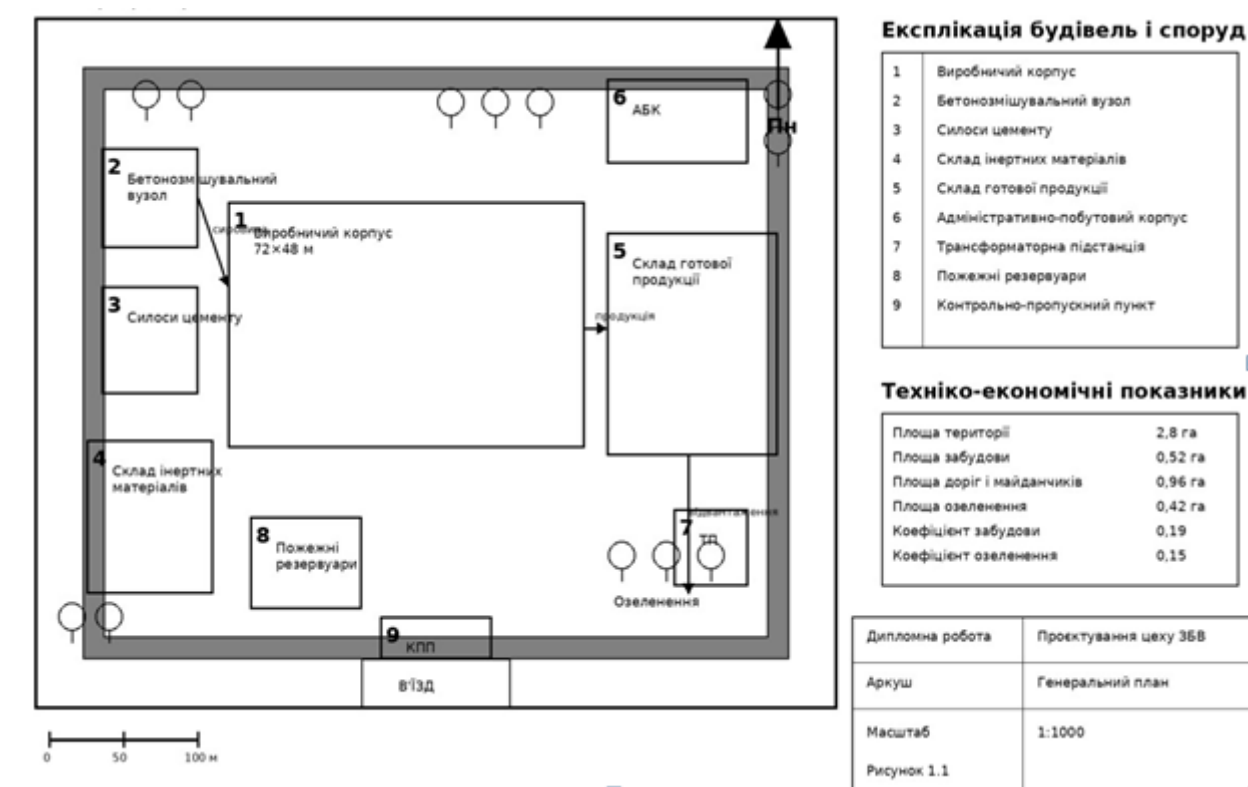


Рисунок 1.1 – Генеральний план підприємства

Генеральний план підприємства розроблено відповідно до вимог чинних будівельних норм, санітарних правил та правил пожежної безпеки з урахуванням технологічних особливостей виробництва залізобетонних виробів. Основним завданням генерального плану є раціональне розміщення будівель і споруд на території підприємства, забезпечення безпечного руху транспорту та персоналу, створення сприятливих умов для організації виробничого процесу та ефективного використання земельної ділянки.

Територія підприємства має прямокутну конфігурацію та забезпечує можливість розміщення всіх необхідних виробничих, складських, адміністративних та допоміжних об'єктів. Планувальне рішення території

забезпечує послідовний рух сировини від місць зберігання до виробничих дільниць та подальше транспортування готової продукції до складу і місць відвантаження. Основною спорудою підприємства є виробничий корпус, який розташований у центральній частині території. Таке розташування забезпечує мінімальну довжину внутрішньозаводських транспортних шляхів та зручний зв'язок між усіма виробничими підрозділами. Для приготування бетонної суміші передбачено бетонозмішувальний вузол, розташований поблизу виробничого корпусу. Це дозволяє скоротити час транспортування бетонної суміші та зменшити втрати матеріалів. Поблизу бетонозмішувального вузла розташовуються силоси для зберігання цементу. Для зменшення запиленості повітря силоси обладнуються системами аспірації та фільтрації. Для зберігання інертних матеріалів передбачено відкриті склади піску та щебеню. Склади розташовуються таким чином, щоб забезпечити зручне завантаження матеріалів у бетонозмішувальне обладнання. Склад готової продукції розміщується поблизу виїзду з території підприємства. Таке рішення дозволяє забезпечити оперативне відвантаження виробів споживачам та скоротити внутрішньозаводські перевезення. Для адміністративного та побутового обслуговування персоналу передбачено адміністративно-побутовий корпус, у якому розташовуються службові кабінети, гардеробні, душові, санітарно-побутові приміщення та кімнати відпочинку. Для забезпечення електропостачання підприємства передбачено трансформаторну підстанцію. Вона забезпечує безперебійну роботу виробничого обладнання та систем освітлення.

Таблиця 1.2 – Склад основних будівель і споруд підприємства

Найменування об'єкта	Призначення
Виробничий корпус	Виготовлення залізобетонних виробів
Бетонозмішувальний вузол	Приготування бетонної суміші
Склад цементу	Зберігання цементу
Склад інертних матеріалів	Зберігання піску та щебеню

Склад готової продукції	Зберігання готових виробів
Адміністративно-побутовий корпус	Обслуговування персоналу
Трансформаторна підстанція	Електропостачання підприємства
Пожежні резервуари	Протипожежний захист
Контрольно-пропускний пункт	Контроль доступу на територію

Для забезпечення безпеки руху транспорту на території підприємства передбачено систему внутрішньомайданчикових доріг із твердим покриттям. Ширина проїздів відповідає вимогам пожежної безпеки та забезпечує можливість руху великовантажного транспорту.

Схема транспортних потоків організована таким чином, щоб виключити перехрещення маршрутів руху сировини та готової продукції. Це дозволяє підвищити ефективність роботи підприємства та покращити умови безпеки. На території підприємства забезпечуються нормативні протипожежні розриви між будівлями та спорудами. До всіх об'єктів передбачено вільний під'їзд пожежної техніки. Для покращення санітарно-гігієнічних умов територія підприємства озеленюється. Озеленення виконується шляхом висадження дерев, кущів та влаштування газонів.

Таблиця 1.3 – Техніко-економічні показники генерального плану

Показник	Значення
Площа території підприємства	2,8 га
Площа забудови	0,52 га
Площа доріг і майданчиків	0,96 га
Площа озеленення	0,42 га
Коефіцієнт забудови	0,19
Коефіцієнт озеленення	0,15

Прийняті рішення генерального плану забезпечують ефективну організацію виробництва, безпечну експлуатацію підприємства та створюють необхідні умови для стабільної роботи цеху з виробництва залізобетонних виробів.

1.4 Об'ємно-планувальні рішення виробничого корпусу

На рисунку 1.2 наведено план виробничого корпусу розмірами 72×48 м із розміщенням основних виробничих ділянок.

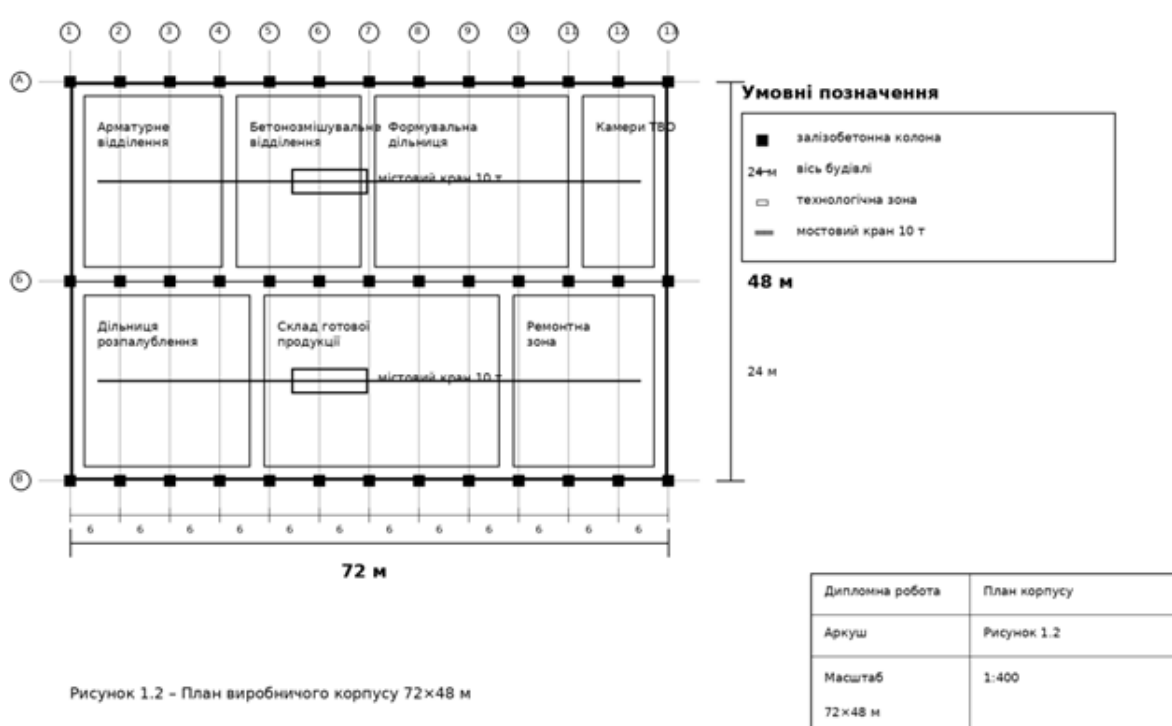


Рисунок 1.2 – План виробничого корпусу 72×48 м

Рисунок 1.2 – План виробничого корпусу 72×48 м

Конструктивна схема каркаса виробничого корпусу наведена на рисунку 1.3.

Фасад виробничого корпусу наведено на рисунку 1.4.

Архітектурне рішення будівлі відповідає функціональному призначенню виробничого об'єкта. Будівля має одноповерхове виконання, збірний залізобетонний каркас та зовнішні огорожувальні конструкції із сендвіч-панелей товщиною 150 мм.

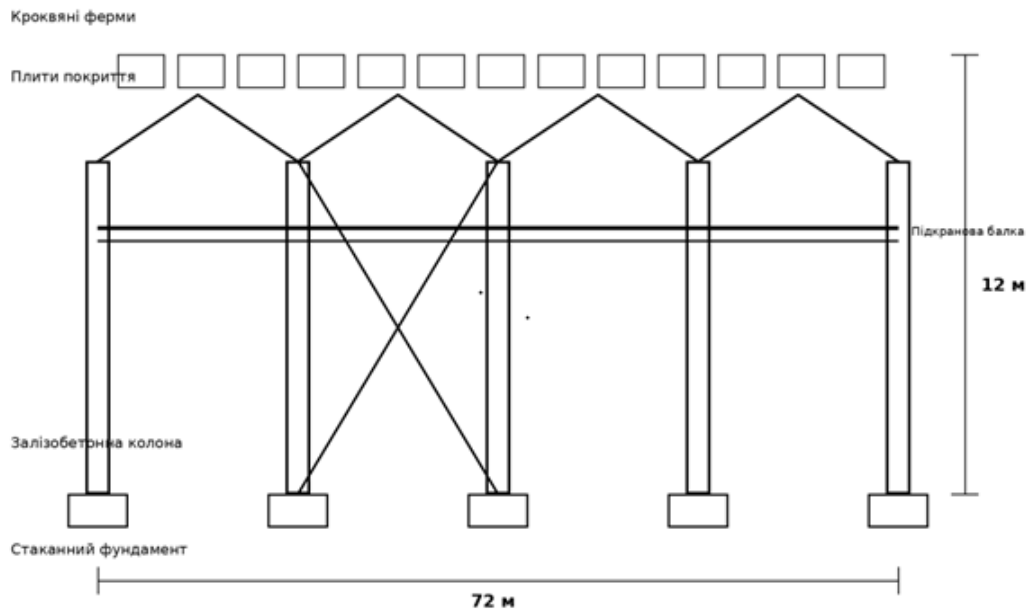


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема каркаса виробничого корпусу



Рисунок 1.4 – Фасад виробничого корпусу

На рисунку 1.5 наведено поперечний розріз виробничого корпусу. Висота до низу несучих конструкцій становить 12 м. Покриття спирається на кроковні ферми прольотом 24 м. Для внутрішньоцехового транспортування продукції передбачено мостові крани вантажопідйомністю 10 т.

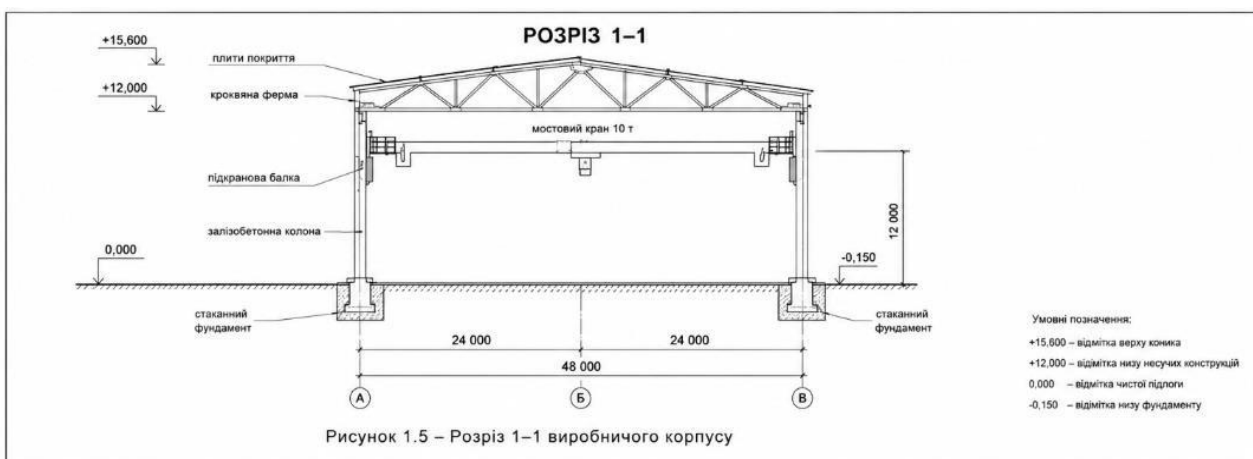


Рисунок 1.5 – Розріз 1-1 виробничого корпусу

Проектований цех з виробництва залізобетонних виробів являє собою одноповерхову промислову будівлю каркасного типу, призначену для виготовлення багатопустотних плит перекриття ПК 63.12-8. Будівля запроектована відповідно до вимог технологічного процесу, санітарно-гігієнічних норм, пожежної безпеки та вимог щодо забезпечення безпечних умов праці. Виробничий корпус має прямокутну форму в плані з розмірами 72 × 48 м. Загальна площа будівлі становить 3456 м². Будівля складається з двох прольотів шириною по 24 м кожний. Крок колон прийнято 6 м. Висота до низу несучих конструкцій покриття становить 12 м.

Таблиця 1.4 – Основні техніко-економічні показники виробничого корпусу

Показник	Значення
Довжина будівлі	72 м
Ширина будівлі	48 м
Площа забудови	3456 м ²
Висота будівлі	12 м
Кількість прольотів	2
Ширина прольоту	24 м
Крок колон	6 м
Вантажопідйомність мостового крану	10 т

Конструктивна схема виробничого корпусу являє собою збірний залізобетонний каркас. Основними несучими елементами будівлі є фундаменти, колони, підкранові балки, кроквяні ферми та плити покриття. Фундаменти прийнято збірними залізобетонними стаканного типу. Такий тип фундаментів забезпечує надійну передачу навантажень від каркаса будівлі на ґрунтову основу та дозволяє скоротити тривалість монтажних робіт. Колони виконуються із збірного залізобетону та є основними вертикальними несучими елементами каркаса. Вони сприймають навантаження від покриття, мостових кранів та інших конструкцій будівлі. Для забезпечення роботи мостових кранів передбачено встановлення залізобетонних підкранових балок. Підкранові балки передають навантаження від кранів на колони каркаса та забезпечують безпечну експлуатацію вантажопідіймального обладнання. Покриття виробничого корпусу виконується із збірних залізобетонних плит, які спираються на кроквяні ферми прольотом 24 м. Таке рішення дозволяє створити великі вільні виробничі площі без проміжних опор. Для забезпечення просторової жорсткості каркаса передбачено систему вертикальних та горизонтальних зв'язків. Наявність зв'язків забезпечує стійкість будівлі під дією горизонтальних навантажень та сприяє надійній роботі всіх конструктивних елементів. Планувальне рішення виробничого корпусу розроблено відповідно до технологічної схеми виготовлення залізобетонних виробів.

У складі виробничого корпусу передбачено такі основні виробничі дільниці: (Табл.1.5)

Таблиця 1.5 – Склад виробничого корпусу

Найменування дільниці	Призначення
Арматурне відділення	Виготовлення арматурних каркасів
Бетонозмішувальне відділення	Приготування бетонної суміші
Формувальна дільниця	Формування виробів
Камери тепловологісної обробки	Прискорення тверднення бетону

Дільниця розпалублення	Контроль якості та очищення виробів
Склад готової продукції	Зберігання готової продукції
Ремонтна зона	Обслуговування обладнання

Арматурне відділення призначене для виготовлення арматурних каркасів, сіток та окремих арматурних елементів. У відділенні виконуються операції різання, правки, гнуття та зварювання арматури.

Бетонозмішувальне відділення забезпечує приготування бетонної суміші необхідного складу. Для цього використовуються автоматизовані системи дозування компонентів та сучасне змішувальне обладнання.

Формувальна дільниця є основною виробничою зоною підприємства. Тут виконується встановлення арматурних каркасів у форми, укладання бетонної суміші, ущільнення бетону та підготовка виробів до тепловологісної обробки.

Для прискорення процесу набору міцності бетону передбачено використання камер тепловологісної обробки. Застосування тепловологісної обробки дозволяє скоротити тривалість виробничого циклу та підвищити продуктивність підприємства.

Після завершення тепловологісної обробки вироби надходять на дільницю розпалублення, де виконуються операції зняття форм, очищення поверхні виробів та контролю їх якості.

Склад готової продукції призначений для тимчасового зберігання виробів перед їх відвантаженням споживачам. Розташування складу забезпечує зручне виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

Для внутрішньоцехового транспортування виробів та матеріалів передбачено використання мостових електричних кранів вантажопідйомністю 10 т.

Зовнішні стіни виробничого корпусу виконуються із тришарових сендвіч-панелей з мінераловатним утеплювачем товщиною 150 мм. Таке рішення забезпечує необхідні теплотехнічні характеристики та сприяє підвищенню енергоефективності будівлі.

Покриття будівлі прийнято суміщеним, утепленим, з внутрішнім водовідведенням. Конструкція покриття забезпечує надійний захист приміщень від атмосферних впливів та відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Для забезпечення нормативних умов праці у виробничому корпусі передбачено природне та штучне освітлення, а також систему вентиляції, яка забезпечує підтримання необхідних параметрів мікроклімату.

Шляхи евакуації працівників запроєктовано відповідно до вимог пожежної безпеки. Кількість та розташування евакуаційних виходів забезпечують можливість безпечної евакуації персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Прийняті об'ємно-планувальні рішення забезпечують ефективну організацію виробничого процесу, раціональне використання площ виробничого корпусу та створення безпечних умов праці для персоналу підприємства.

1.5 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Одним із найважливіших завдань під час проєктування виробничих будівель є забезпечення нормативного рівня теплозахисту. Раціонально підібрані огорожувальні конструкції дозволяють підтримувати необхідний температурний режим у приміщеннях, зменшувати витрати енергії на опалення та створювати комфортні умови праці для персоналу.

Теплотехнічний розрахунок виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

Для району будівництва приймаються такі вихідні дані:

- температура внутрішнього повітря $t_{в} = +18 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура зовнішнього повітря $t_{з} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- різниця температур $\Delta t = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для зовнішніх стін виробничого корпусу прийнято тришарові сендвіч-панелі з мінераловатним утеплювачем товщиною 150 мм.

Для покриття будівлі прийнято утеплену конструкцію із рулонною

покрівлею, цементно-піщаною стяжкою, мінераловатним утеплювачем та залізобетонною плитою покриття. Метою розрахунку є визначення опору теплопередачі конструкцій та перевірка їх відповідності нормативним вимогам.

1.5.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Для зовнішніх стін виробничого корпусу прийнято сендвіч-панелі з мінераловатним утеплювачем.

Таблиця 1.6 – Конструкція зовнішньої стіни

Шар конструкції	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·°C)
Мінераловатний утеплювач	0,15	0,041

Опір теплопередачі шару утеплювача визначається за формулою:

$$R_{yt} = \delta / \lambda,$$

де δ – товщина утеплювача, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·°C).

$$R_{yt} = 0,15 / 0,041 = 3,66 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Опір тепловіддачі внутрішньої поверхні: $R_v = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$

Опір тепловіддачі зовнішньої поверхні: $R_z = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$

Загальний опір теплопередачі конструкції:

$$R_0 = R_v + R_{yt} + R_z$$

$$R_0 = 0,13 + 3,66 + 0,04 = 3,83 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін: $R_{\text{норм}} = 3,30 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$

Перевірка: $3,83 > 3,30.$

Отже, прийнята конструкція зовнішньої стіни відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 та забезпечує необхідний рівень теплозахисту.

1.5.2 Теплотехнічний розрахунок покриття

Для покриття виробничого корпусу прийнято утеплену конструкцію, склад якої наведено в таблиці.

Таблиця 1.7 – Конструкція покриття

Шар конструкції	Товщина, м
Рулонна покрівля	0,005
Цементно-піщана стяжка	0,03
Мінераловатний утеплювач	0,21
Залізобетонна плита покриття	0,22

Опір теплопередачі шару утеплювача: $R_{ут} = 0,21 / 0,041 = 5,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Опір теплопередачі залізобетонної плити: $R_{пл} = 0,22 / 1,69 = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Опір цементно-піщаної стяжки: $R_{ст} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Опір внутрішньої поверхні: $R_{в} = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Опір зовнішньої поверхні: $R_{з} = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Загальний опір теплопередачі покриття:

$$R_0 = R_{в} + R_{ут} + R_{пл} + R_{ст} + R_{з}$$

$$R_0 = 0,13 + 5,12 + 0,13 + 0,05 + 0,04 = 5,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Нормативний опір теплопередачі покриття: $R_{норм} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Перевірка: $5,47 > 4,95$.

Отже, прийнята конструкція покриття забезпечує необхідний рівень теплозахисту та відповідає вимогам чинних нормативних документів.

Таблиця 1.8 – Результати теплотехнічного розрахунку

Конструкція	R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$R_{норм}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	Висновок
Зовнішня стіна	3,83	3,30	Відповідає
Покриття	5,47	4,95	Відповідає

Проведений теплотехнічний розрахунок підтвердив, що прийняті огорожувальні конструкції забезпечують нормативний рівень теплозахисту виробничого корпусу та дозволяють підтримувати необхідний температурний режим у приміщеннях протягом усього року.

1.6 Розрахунок природного освітлення

Раціональне освітлення виробничих приміщень є важливим фактором забезпечення безпечних та комфортних умов праці. Достатній рівень освітленості робочих місць сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню втомлюваності працівників та покращенню якості виконання виробничих операцій.

Проектування природного освітлення виробничого корпусу виконується відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Природне освітлення виробничого корпусу забезпечується через віконні прорізи у зовнішніх стінах будівлі та світлоаераційні ліхтарі, розташовані в покритті. Площа виробничого корпусу становить: $S = 72 \times 48 = 3456 \text{ м}^2$.

Для виробничих приміщень підприємств із виготовлення залізобетонних виробів нормативний коефіцієнт природного освітлення приймається: КПО = 1,5%.

Необхідна площа світлових прорізів визначається за формулою:

$$F = S \times \text{КПО} / 100,$$

де

F – необхідна площа світлових прорізів, м²;

S – площа приміщення, м²;

КПО – коефіцієнт природного освітлення, %.

$$F = 3456 \times 1,5 / 100 = 51,84 \text{ м}^2.$$

Для забезпечення нормативного рівня природного освітлення приймається загальна площа світлових прорізів: $F_{\text{пр}} = 60 \text{ м}^2$.

Перевірка: $60 > 51,84$.

Отже, прийнята площа світлових прорізів забезпечує нормативний рівень

природного освітлення виробничого корпусу. Для покращення освітлення центральної частини приміщення передбачено використання світлоаераційних ліхтарів. Їх застосування дозволяє рівномірно розподілити природне світло по всій площі виробничого приміщення. Віконні прорізи розташовуються рівномірно вздовж зовнішніх стін будівлі. Таке рішення забезпечує достатнє надходження денного світла до робочих зон та сприяє зменшенню витрат електроенергії на штучне освітлення.

Для роботи у вечірній та нічний час передбачено систему штучного освітлення, яка забезпечує нормативний рівень освітленості відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку природного освітлення

Показник	Значення
Площа виробничого корпусу	3456 м ²
Коефіцієнт природного освітлення	1,5 %
Розрахункова площа світлових прорізів	51,84 м ²
Прийнята площа світлових прорізів	60 м ²
Відповідність нормативним вимогам	Відповідає

Таким чином, прийняті рішення щодо природного освітлення забезпечують необхідні умови праці персоналу та відповідають вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

Висновки до розділу 1

У першому розділі дипломної роботи виконано аналіз сучасного стану виробництва залізобетонних виробів та визначено основні тенденції розвитку підприємств будівельної індустрії. Встановлено, що використання збірних залізобетонних конструкцій є одним із найбільш ефективних напрямків розвитку сучасного будівництва завдяки високій якості продукції, скороченню строків

будівництва та можливості широкої механізації виробничих процесів. Проведено аналіз природно-кліматичних умов району будівництва та визначено основні кліматичні параметри, які використовуються під час проектування виробничого корпусу та виконання розрахунків конструкцій. Розроблено генеральний план підприємства, який забезпечує раціональне розміщення виробничих, складських та допоміжних об'єктів, ефективну організацію транспортних потоків і дотримання вимог пожежної безпеки. Прийнято об'ємно-планувальні рішення виробничого корпусу розмірами 72×48 м із двома прольотами по 24 м та мостовими кранами вантажопідйомністю 10 т. Прийняті рішення забезпечують ефективне розміщення технологічного обладнання та раціональну організацію виробничого процесу. Виконано теплотехнічний розрахунок зовнішніх огорожувальних конструкцій. Встановлено, що опір теплопередачі зовнішніх стін становить $3,83 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а покриття – $5,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, що перевищує нормативні значення та підтверджує відповідність прийнятих конструкцій вимогам енергоефективності. Проведено розрахунок природного освітлення виробничого корпусу. Отримані результати підтвердили відповідність прийнятих рішень вимогам чинних нормативних документів та забезпечення нормативних умов праці для персоналу підприємства. Прийняті архітектурно-будівельні рішення забезпечують надійність, довговічність та ефективність експлуатації виробничого корпусу і є основою для подальшого виконання розрахунково-конструктивної, технологічної та організаційної частин дипломної роботи.

2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підземної частини об'єкта

У розрахунково-конструктивному розділі виконується розрахунок основних несучих елементів виробничого корпусу цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків. Основна увага приділяється фундаменту стаканного типу під середню залізобетонну колону, оскільки саме ця колона сприймає найбільше вертикальне навантаження від покриття, підкранових конструкцій, мостового крана та власної ваги елементів каркаса. Виробничий корпус запроєктовано як одноповерхову каркасну будівлю розміром 72×48 м з двома прольотами по 24 м. Крок колон прийнято 6 м. Для будівлі передбачено використання мостового крана вантажопідйомністю 10 т. Несучий каркас складається зі збірних залізобетонних колон, підкранових балок, кроквяних ферм та плит покриття. Розрахунок виконується відповідно до вимог [1–3] ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд» та ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» [1–3]. У межах підрозділу необхідно визначити навантаження на середню колону, виконати збір навантажень, підібрати розміри фундаменту, перевірити тиск під подошвою фундаменту, оцінити осідання основи та визначити необхідне армування фундаменту.

2.1.1 Вихідні дані для розрахунку

1. Район будівництва – м. Харків
2. Архітектурні об'ємно-планувальні рішення, у тому числі:
 - довжина – 24 м
 - ширина – 18 м
 - висота будівлі – 28 м
 - наявність підвалу в осях – А-В; 1-4
 - глибина закладення підлоги підвалу – 2,2 м
 - призначення будівлі – Адміністративно-побутовий корпус

3. Навантаження на верхній обріз фундаменту:

1. ФМ-1 $N_{II} = 1280$ кН $M_{II} = 0$ кНм $T_{II} = 0$ кН
2. ФМ-2 $N_{II} = 1890$ кН $M_{II} = 45$ кНм $T_{II} = 0$ кН
3. ФЛ-3 $N_{II} = 810$ кН $M_{II} = 0$ кНм $T_{II} = 0$ кН

Інженерно-геологічні дослідження

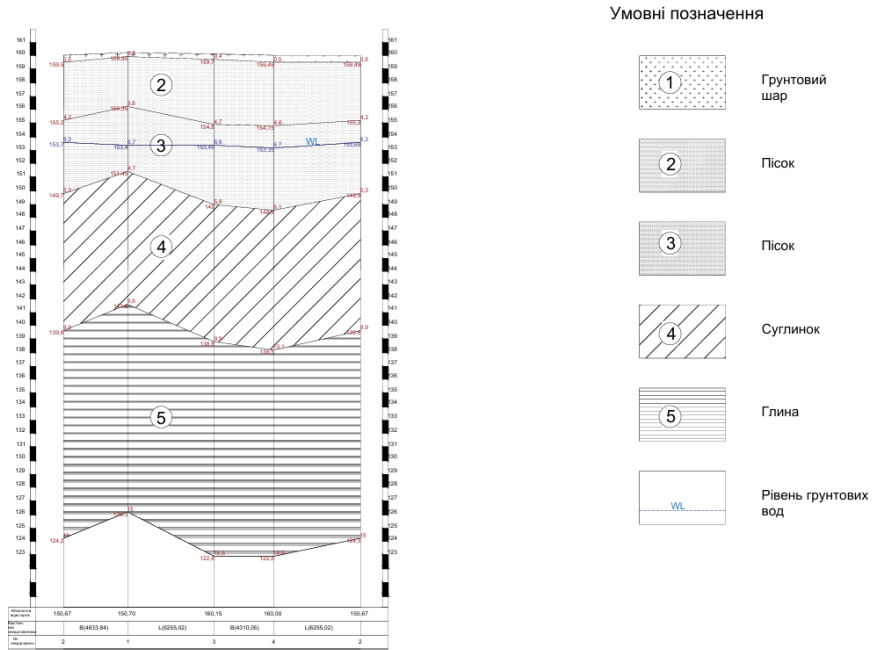


Рисунок 2.1 – Побудова геологічного розрізу

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості ґрунтів на природній основі

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Номер інженерно-геологічного елемента	Назва елемента	Вологість природна, w, %	Вологість на межі пластичності, w _p , %	Вологість на межі текучості, w _L , %	Число пластичності, I _p , %	Показник текучості, I _L	Питома вага ґрунту, γ _d , кН/м ³	Питома вага частинок, γ _s , кН/м ³	Питома вага сухого ґрунту γ _d , кН/м ³	Коефіцієнт пористості, e	Пористість n, %	Ступінь вологості, S _r	Питома вага ґрунту зваженого у воді, γ _{sb} , кН/м ³	Кут внутрішнього тертя, φ _l , градуси	Питоме зчеплення, C _l , кПа	Модуль деформації в природному стані, E, МПа	Умовний розрахунковий опір, R ₀ , кПа
Свердловина №1																	
ГЕ 1	ґрунтово-рослинний шар	До використання як природна основа не рекомендується															
ГЕ 2	Пісок сіробурий, м'який, середньої щільності	0,6	-	-	-	-	17,16	26,2	15,5	0,68	0,7	40,33	9,59	28,8	3,4	15,9	250
ГЕ 3	Пісок жовтобурий, середньої крупності, щільний	7,8	-	-	-	-	18,57	26,2	17,2	0,57	36,5	36,76	10,88	37,4	1,8	38	500
ГЕ 4	Суглинок, бурожовтий, тугопластичний	5,13	17,9	2,5	4,53	,5	18,57	27,15	14,8	,82	5,34	98,37	9,37	16,6	6,6	1,9	30

ПЕ 5	Глина бура, тугопластична, з органічними включеннями	0,68	21,82	2,42	0,6	0,57	18,9	27,31	14,49	,88	6,93	147,17	9,18	17,4	5,2	7,1	87
Свердловина №3																	
ПЕ 1	Грунтово-рослинний шар	До використання як природна основа не рекомендується															
ПЕ 2	Пісок сірогобурий, м'який, середньої щільності	0,55	-				17,18	26,15	15,5	,68	0,57	40,41	9,59	28,8	,4	5,9	50
ПЕ 3	Пісок жовтобурий, середньої крупності, щільний	7,3	-				18,58	26,2	17,31	,51	3,90	37,27	0,70	38,8	,4	4	00
ПЕ 4	Суглинок, бурожовтий, тугопластичний	5,45	8,06	2,9	4,87	,5	18,45	26,9	14,7	,82	5,33	101,05	,23	16,6	6,6	1,9	30
ПЕ 5	Глина бура, тугопластична, з органічними включеннями	0,40	21,5	1,97	0,48	0,56	18,89	27,38	14,48	,88	7,08	143,4	9,19	17,4	5,2	7,1	87

Визначення розрахункової глибини сезонного промерзання ґрунту
 Величину нормативної глибини сезонного промерзання ґрунту - d_{fn}
 За картою ізогіпс - нормативних глибин промерзання ґрунтів $d_{fn}=1,0\text{м}$
 Розрахункова глибина сезонного промерзання ґрунту:

$$d_f = k_h \times d_{fn} = 1 \times 1 = 1$$

Розрахунок окремо розташованого монолітного фундаменту під збірну залізобетону колону крайнього ряду без підвалу

ФМ-1

$$N_{II} = 1280 \text{ кН} \quad M_{II} = 0 \text{ кНм} \quad T_{II} = 0 \text{ кН}$$

$$d = 10 \text{ м} \quad I_L = 0,5 \quad R_0 = 230 \text{ кПа}$$

$$C_n = 16,6 \text{ кПа} \quad \varphi_n = 16,6^\circ \approx 16^\circ$$

$$d_{\text{кон}} = 0,15 + 1,5 + 8,35 = 10 \text{ м}$$

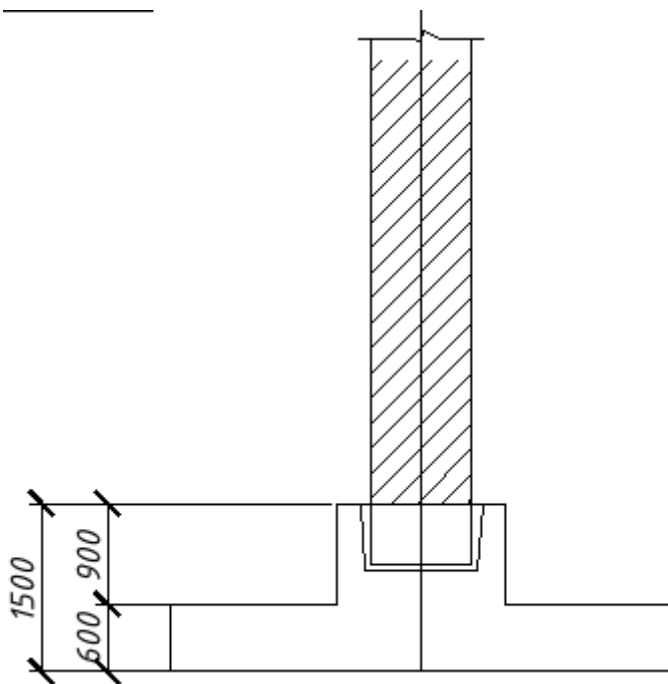


Рисунок 2.2 – Попереднє конструювання окремого (стовпчастого), монолітного фундаменту без підвалу під збірну залізобетонну колону.

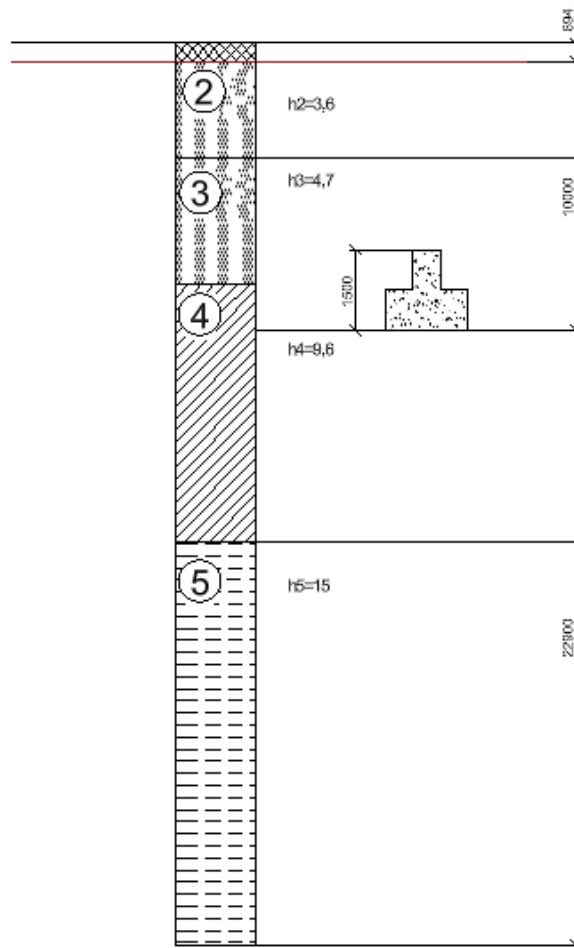


Рисунок 2.3 – До встановлення несучого шару ґрунтової основи проєктованого фундаменту

Розрахунок розмірів ширини підшви фундаменту на природній основі

Умовна ширина підшви фундаменту

$$b_o = \sqrt{\frac{N_{II}}{R_o - \gamma_{mt} \cdot d}} = \sqrt{\frac{1280}{230 - 20 \cdot 10}} = 6,53$$

Визначення розрахункового опору ґрунту

Розрахунковий опір для слою ґрунту, розташованого під підшвою розрахованого фундаменту визначаємо за формулою:

$$R_i = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} \cdot [M_y k_z b_o \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}^I + (M_q - 1) d_B \gamma_{II}^I + M_c C_{II}]$$

$b_0 = 5.06$ м – умовна ширина підшви фундаменту

$\gamma_{cf} = 25$ кН/м³ – розрахункове значення питомої ваги конструкції підлоги підвалу

$k_z = 1; d_B = 2; k = 1.1$

$\gamma_{c_1} = 1.2; \gamma_{c_2} = 1.1$

$M_\gamma = 0,39; M_q = 2,57; M_c = 5,15 \rightarrow \varphi_n = 16^\circ$

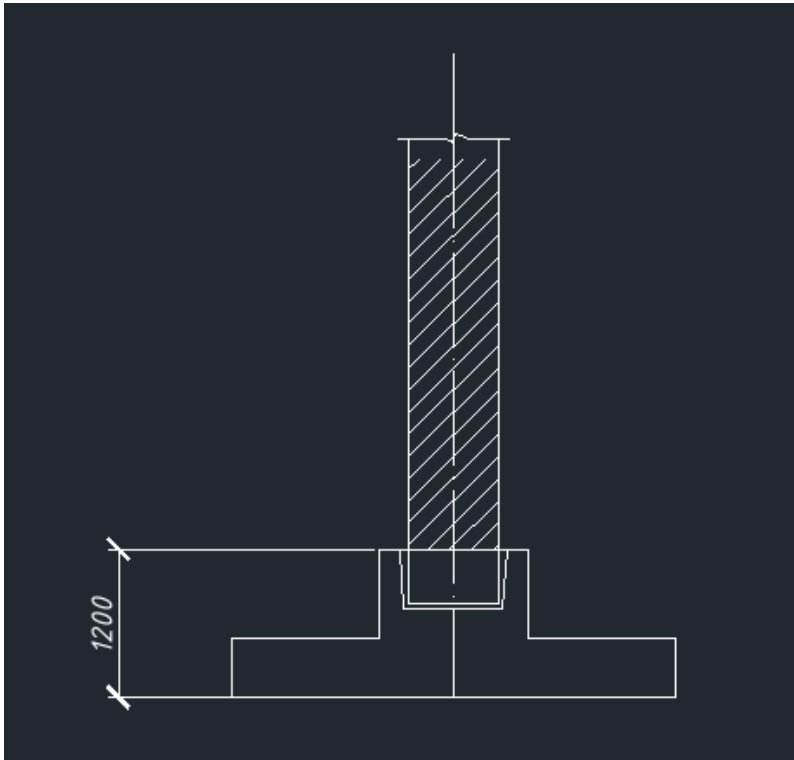


Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку значення d_1

$d_1 = d = 10$ м

$$\gamma'_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{IIIi} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{35,31 \cdot 10}{10} = 35,31 \text{ кН/м}^3$$

$$\gamma_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{IIIi} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{37,47 \cdot 23,91}{23,91} = 37,47 \text{ кН/м}^3$$

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{1.2 \cdot 1.1}{1.1} [0.39 \cdot 1 \cdot 6,53 \cdot 37,47 + 2,57 \cdot 10 \cdot 35,31 + (2,57 - 1) \cdot 0 \cdot 35,31 \\ &\quad + 5,15 \cdot 16,6] = \\ &= 1161,65 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Розрахунок зусиль

$$N = N_{II} + G_{\phi} + G_{гр}$$

$$N = 1280 + 4608 = 5888 \text{ кН}$$

$$(G_{\phi} + G_{гр}) = A \cdot d \cdot \phi \cdot \gamma_{mt} = 25.6 \cdot 9 \cdot 20 = 4608 \text{ кН}$$

$$M = M_{II} \pm T_{II}d = 0 + 0 \cdot 3.1 = 0 \text{ кН/м}$$

$$A = b_0^2 = 5.06 \cdot 5.06 = 25.6 \text{ м}^2$$

Визначення ступеня позацентровості прикладання навантаження і раціональної форми підошви фундаменту

Для визначення ступеня позацентровості завантаження фундаменту потрібно розрахувати ексцентриситет прикладання навантаження за формулою:

$$e = \frac{M}{N} = 0$$

$$0.033 \cdot b_0 = 0.033 \cdot 6.53 = 0.2155$$

$e < 0.1023$ отже, фундамент центрально навантажений

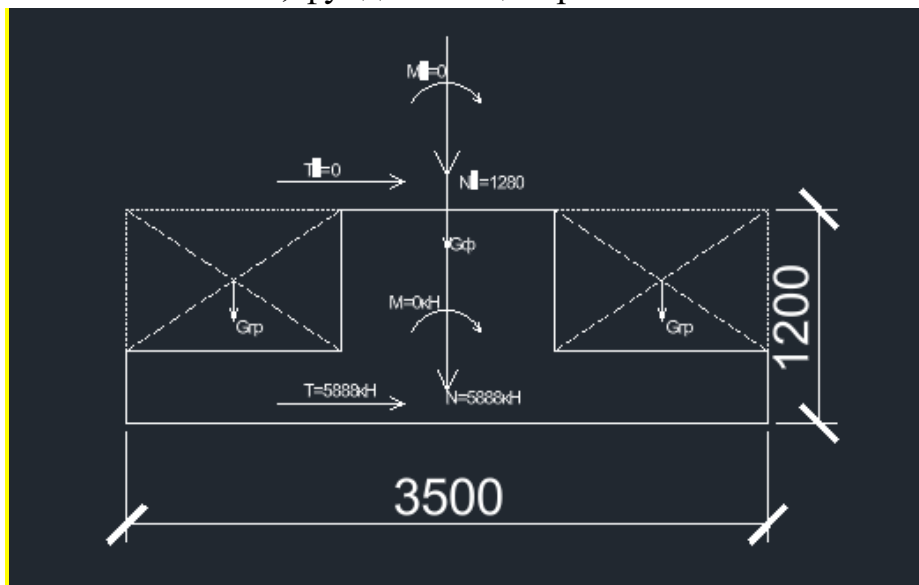


Рисунок 2.5 – Попередня розрахункова схема фундаменту на природній основі

Розрахунок ширини підошви фундаменту виконується за формулою

$$b_1 = \sqrt{\frac{N_{II}}{R_o - \gamma_{mt} \cdot d}} = \sqrt{\frac{1280}{1161,65 - 20 \cdot 6,53}} = 1,11 \text{ м}$$

Отримане значення b не вважається досить точним, оскільки розрахунковий опір R визначено з використанням величини умовної ширини підошви

фундаменту b_0 . Подальше уточнення значення b та R здійснюємо методом послідовних наближень:

Перевіряємо умову:

$$|b_1 - b_0| = |1,11 - 6,53| = 5,42 > 0,1$$

1-е приближення:

$$R_1 = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,1} [0,39 \cdot 1 \cdot 5,42 \cdot 37,47 + 2,57 \cdot 10 \cdot 35,31 + (2,57 - 1) \cdot 0 \cdot 35,31 + 5,15 \cdot 16,6] = 198,5 \text{ кПа}$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{N_{II}}{R_1 - \gamma_{mt} \cdot d}} = \sqrt{\frac{1280}{198,5 - 20 \cdot 6,53}} = 4,3 \text{ м}$$

$$|b_2 - b_1| = |4,3 - 1,11| = 3,9 > 0,1$$

2-е приближення:

Згідно з конструктивними вимогами (b кратно 300 мм) приймаємо ширину підшви фундаменту 4500 мм.

Уточнюємо значення R

$$R_2 = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,1} [0,39 \cdot 1 \cdot 4,5 \cdot 37,47 + 2,57 \cdot 10 \cdot 35,31 + (2,57 - 1) \cdot 0 \cdot 35,31 + 5,15 \cdot 16,6] = 1266,24 \text{ кПа}$$

Розрахунок осадки фундаменту

Розрахунок осідання фундаменту проводимо методом пошарового підсумовування:

Задаємося шириною елементарного шару

$$h = 0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 4,5 = 1,8 \text{ м}$$

Визначимо відносну глибину підшви елементарного шару:

$$\xi_i = \frac{2z_i}{b}$$

$$\xi_0 = \frac{2 \cdot z_0}{b} = \frac{2 \cdot 0}{4,5} = 0$$

$$\xi_1 = \frac{2 \cdot z_1}{b} = \frac{2 \cdot 1,8}{4,5} = 0,8$$

$$\xi_{1a} = \frac{2 \cdot z_{1a}}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,89$$

$$\xi_2 = \frac{2 \cdot z_2}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,89$$

$$\xi_{2a} = \frac{2 \cdot z_{2a}}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,89$$

$$\xi_3 = \frac{2 \cdot z_3}{b} = \frac{2 \cdot 1,8}{4,5} = 0,8$$

$$\xi_{3a} = \frac{2 \cdot z_{3a}}{b} = \frac{2 \cdot 0,3}{4,5} = 0,13$$

$$\xi_4 = \frac{2 \cdot z_4}{b} = \frac{2 \cdot 1,8}{4,5} = 0,8$$

$$\xi_{4a} = \frac{2 \cdot z_{4a}}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,9$$

$$\xi_5 = \frac{2 \cdot z_5}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,9$$

$$\xi_6 = \frac{2 \cdot z_6}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,9$$

$$\xi_{6a} = \frac{2 \cdot z_{6a}}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,9$$

$$\xi_7 = \frac{2 \cdot z_7}{b} = \frac{2 \cdot 2}{4,5} = 0,9$$

Визначимо додатковий тиск по підшві кожного елементарного шару:

$\sigma_{zg(i)}$ – напруга від власної ваги ґрунту під підшвою фундаменту

$$\sigma_{zg(i)} = \gamma_{II} \cdot d$$

1. На поверхні

$$\sigma_{zg} = 0$$

2. На рівні підшви фундаменту

$$\sigma_{zg_0} = 18,57 \cdot 10 = 187,7 \text{ кПа}$$

3. Під підшвою

$$\sigma_{zg_1} = 187,7 + 18,57 \cdot (9,6 - 10) = 180,272 \text{ кПа}$$

4. На підшві (контакт 4^{го} та 5^{го} шару)

$$\sigma_{zg_2} = 180,272 + 18,9 \cdot 15 = 463,772 \text{ кПа}$$

$\sigma_{zp(i)}$ – напруга від зовнішнього навантаження

$$\sigma_{zp(i)} = p_0 \cdot \alpha_i$$

α_i – коефіцієнт прийнятий по СНіП в залежності від ξ і типу фундаменту
(при $\eta = \frac{l}{b} = 1$)

p_0 – додатковий тиск на рівні підшви фундаменту

$$p_0 = p_{cp} - \sigma_{zg_0} = 290,76 - 187,7 = 103,06 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_0} = 1 \cdot 123,83 = 103,06 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_1} = 0.800 \cdot 103,06 = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{1a}} = 0.800 \cdot 103,06 = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_2} = 0.800 \cdot 103,06 = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{2a}} = 0.800 \cdot 103,06 = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_3} = 0.336 \cdot 103,06 = 34,63 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{3a}} = 0.960 \cdot 103,06 = 98,94 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_4} = 0.800 \cdot 103,06 = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{4a}} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_5} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{5a}} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_6} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{6a}} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_7} = 0.606 \cdot 103,06 = 62,45 \text{ кПа}$$

Розрахунок проводиться по нижній межі товщини, що стискається, яку визначаємо аналітичним способом, при виконанні рівності:

$$\sigma_{zp(i)} = k \cdot \sigma_{zg(i)}$$
$$k = 0.2 \text{ при } b < 5 \text{ м}$$

1. На поверхні

$$\sigma_{zp} = 0$$

2. На рівні підшви фундаменту

$$\sigma_{zp_0} = 0.2 \cdot 187,7 = 37,54 \text{ кПа}$$

3. Під підогвою

$$\sigma_{zp_1} = 0.2 \cdot 180,272 = 36,05 \text{ кПа}$$

4. На підшві (контакт 4^{го} та 5^{го} шару)

$$\sigma_{zp_2} = 0.2 \cdot 463,772 = 92,75 \text{ кПа}$$

Визначимо середнє значення напруги кожного елементарного шару:

$$\sigma_{zp} = \frac{\sigma_{zp(i-1)} + \sigma_{zp(i)}}{2}$$

$$\sigma_{zp_1} = \frac{\sigma_{zp_0} + \sigma_{zp_1}}{2} = \frac{103,06 + 82,45}{2} = 92,75 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{1a}} = \frac{\sigma_{zp_1} + \sigma_{zp_{1a}}}{2} = \frac{82,45 + 82,45}{2} = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_2} = \frac{\sigma_{zp_{1a}} + \sigma_{zp_2}}{2} = \frac{82,45 + 82,45}{2} = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{2a}} = \frac{\sigma_{zp_2} + \sigma_{zp_{2a}}}{2} = \frac{82,45 + 82,45}{2} = 82,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_3} = \frac{\sigma_{zp_{2a}} + \sigma_{zp_3}}{2} = \frac{82,45 + 34,63}{2} = 58,54 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{3a}} = \frac{\sigma_{zp_3} + \sigma_{zp_{3a}}}{2} = \frac{34,63 + 98,94}{2} = 66,78 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_4} = \frac{\sigma_{zp_{3a}} + \sigma_{zp_4}}{2} = \frac{98,94 + 82,45}{2} = 90,69 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{4a}} = \frac{\sigma_{zp_4} + \sigma_{zp_{4a}}}{2} = \frac{82,45 + 62,45}{2} = 72,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_5} = \frac{\sigma_{zp_{4a}} + \sigma_{zp_5}}{2} = \frac{62,45 + 62,45}{2} = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{5a}} = \frac{\sigma_{zp_{4a}} + \sigma_{zp_5}}{2} = \frac{62,45 + 62,45}{2} = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_6} = \frac{\sigma_{zp_5} + \sigma_{zp_6}}{2} = \frac{62,45 + 62,45}{2} = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_{6a}} = \frac{\sigma_{zp_4} + \sigma_{zp_{6a}}}{2} = \frac{62,45 + 62,45}{2} = 62,45 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zp_7} = \frac{\sigma_{zp_{6a}} + \sigma_{zp_5}}{2} = \frac{62,45 + 62,45}{2} = 62,45 \text{ кПа}$$

Визначимо осад кожного елементарного шару:

$$S_i = \beta \cdot \frac{\sigma_{zp(i)} \cdot h}{E_1}$$

де $\beta=0,8$; E_1 – модуль деформації ґрунту розглянутого елементарного слою.

Загальна осадка основи, що дорівнює осаді фундаменту.

$$S_{max} = \sum_{i=1}^n S_i$$

При розрахунку осадку фундаменту слід виконувати перевірки за абсолютними деформаціями.

Перевірки за абсолютними деформаціями складається з виконання умови

$$S_{max} \leq S_{max, u},$$

де S_{max} и $S_{max, u}$ – максимальні величини осадку фундаменту - розрахункова та гранично допустима.

Таблиця 2.2 – Розрахунок осадку фундаменту під з/б колону

ФМ-1													
Розрахунок осадки фун-ту													
Ґрунт	Номер розрахункової точки	Zi, м	ε	αi	Напруження в Ґрунті, кПа				hi, см	Ei, кПа	Si, см	Номер розрахункового шару	Заглиблення від поверхні, м
					σzp(i)	σzg(i)	σzp(i)	σ'zg(i)					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПґЕ-4													ΣS(ґе-4)= 0,4811
Суглинок	0	0	0	1	103,06	185,7	37,14						10,00
	1	1,80	0,80	0,800	82,45			92,75	180	11900	1,1224	1	11,80
	1а	2,00	0,89	0,800	82,45			82,45	20	11900	0,11085	1а	12,00
	2	2,00	0,89	0,800	82,45			82,45	0	11900	0	2	12,00
	2а	2,00	0,89	0,800	82,45			82,45	0	11900	0	2а	12,00
	3	1,80	0,80	0,336	34,63			58,54	-20	11900	-0,0787	3	11,80
	3а	0,30	0,13	0,960	98,94	180,27	36,05	66,78	-150	11900	-0,6734	3а	
ПґЕ-5													ΣS(ґе-5)= 0,6921
Ґлина	3а	0,30	0,13	0,960	98,94	180,27	36,05						11,80
	4	1,80	0,8	0,8	82,45			90,69	150	17400	0,6255	4	13,30
	4а	2,00	0,9	0,606	62,45			72,45	20	17400	0,0666	4а	13,50
	5	2,00	0,9	0,606	62,45			62,45	0	17400	0,0000	5	13,50
	5а	2,00	0,9	0,606	62,45			62,45	0	17400	0,0000	5а	13,50
	6	2,00	0,9	0,606	62,45			62,45	0	17400	0,0000	6	13,50
	6а	2,00	0,9	0,606	62,45			62,45	0	17400	0	6а	13,50
	7	2,00	0,9	0,606	62,45			62,45	0	17400	0	7	
									ΣS=	1,17см	S≤Smax,u		умова виконується

$$S_{max} = 1,17 \text{ см} < S_{max, u} = 10 \text{ см}$$

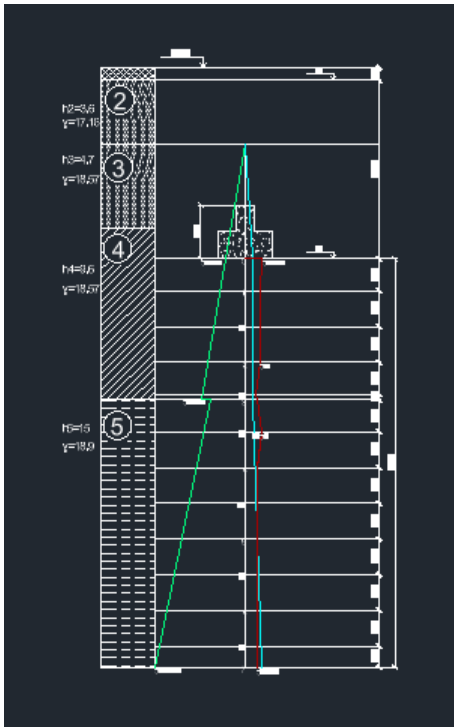


Рисунок 2.6 – епюри напруг фундаменту ФМ – 1

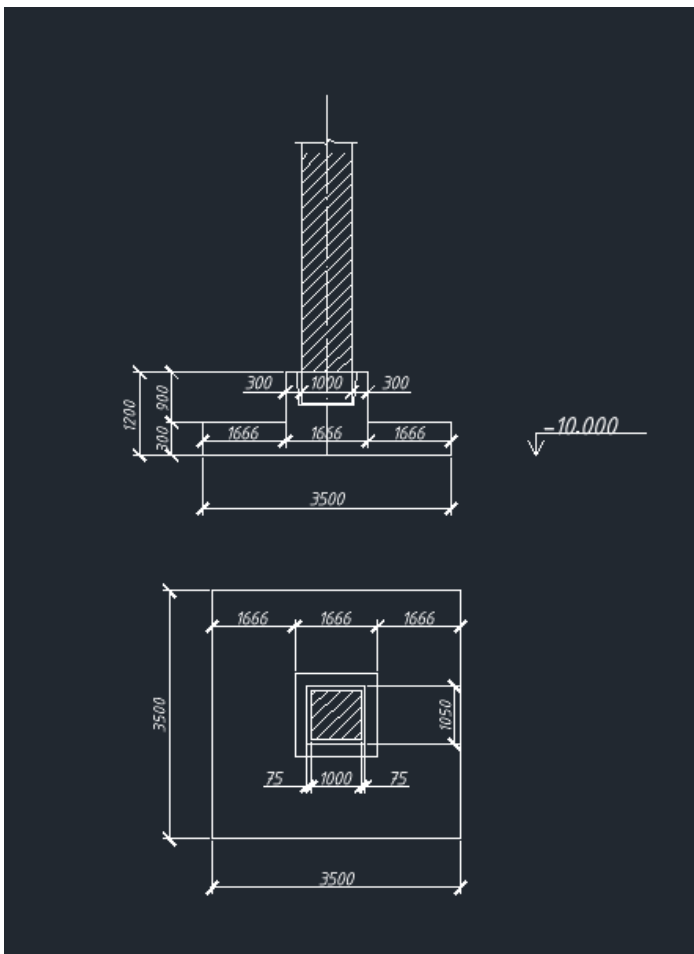


Рисунок 2.7 – Остаточне конструювання фундаменту

Перевірка напруги під подошвою фундаментна.

$$p_{cp} = \frac{N}{A} = \frac{1890}{20,25} = 88,78 \text{ кПа};$$

$$88,78 < 292$$

Армування фундаменту. Армування здійснюють за результатами розрахунку нормальних перетинів на дію згинального моменту (у першому уступі) таким чином:

$$p_{max} = p_{cp} + \frac{M_x}{W_x} = 88,78 + \frac{45}{\frac{4,5^3}{6}} = 91,74$$

$$p_{min} = p_{cp} - \frac{M_x}{W_x} = 88,78 - \frac{45}{\frac{4,5^3}{6}} = 85,81$$

$$\begin{aligned} M_{1-1} &= \frac{p_1 b c_1^2}{2} + \frac{(p'_{max} - p_1) c_1 b}{2} \cdot \frac{2c_1}{3} = \\ &= \frac{88,78 \cdot 4,5 \cdot 1,5^2}{2} + \frac{(91,74 - 88,78) 1,5 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1,5}{3} = 459,44 \text{ кНм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{2-2} &= \frac{p_2 b c_2^2}{2} + \frac{(p'_{max} - p_2) c_2 b}{2} \cdot \frac{2c_2}{3} = \\ &= \frac{88,78 \cdot 4,5 \cdot 1,8^2}{2} + \frac{(91,74 - 88,78) 1,8 \cdot 4,5}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1,8}{3} = 661,59 \text{ кНм} \end{aligned}$$

Перетин робочої арматури на всю ширину фундаменту обчислюється:

$$A_{s1} = \frac{M_{1-1}}{0,9 h_{01} R_s} = \frac{45944}{0,9 \cdot 40 \cdot 36,5} = 34,96 \text{ см}^2$$

$$A_{s2} = \frac{M_{2-2}}{0,9 h_{02} R_s} = \frac{66159}{0,9 \cdot 145 \cdot 36,5} = 13,88 \text{ см}^2$$

Приймаю повздовжню арматуру з кроком 300 14Ø14A400С ($A_s = 36,95 \text{ см}^2$).

Розрахую армування в другому напрямі:

$$M'_{1-1} = \frac{p'_{cp} b c'_1{}^2}{2} = \frac{88,78 \cdot 4,5 \cdot 1,5^2}{2} = 449,45 \text{ кНм}$$

$$A'_{s1} = \frac{M'_{1-1}}{0.9h'_{01}R_s} = \frac{45944}{0.9 \cdot 40 \cdot 36.5} = 34,96 \text{ см}^2$$

Приймаю повздовжню арматуру з кроком 300 14Ø28A400С ($A_s = 36,95\text{см}^2$).

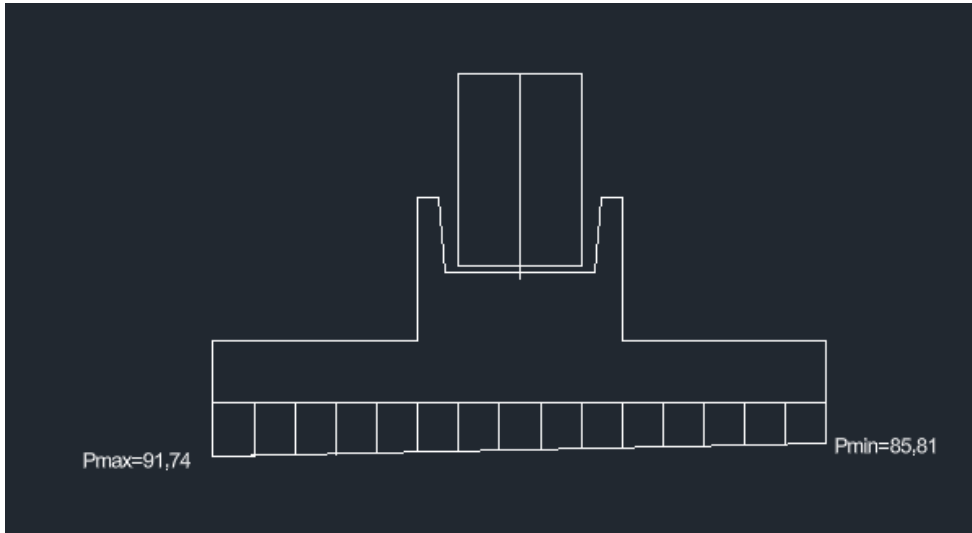


Рисунок 2.8 – схема армування фундаменту

2.2 Розрахунок надземної частини об'єкта

До надземної частини виробничого корпусу належать залізобетонні колони, підкранові балки, кроквяні ферми, плити покриття та елементи забезпечення просторової жорсткості каркаса.

Основним несучим елементом каркаса є залізобетонна колона, яка сприймає навантаження від покриття, мостових кранів, підкранових конструкцій та передає їх на фундамент.

Розрахунок надземної частини виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції».

У цьому підрозділі виконується:

- розрахунок залізобетонної колони;
- розрахунок підкранової балки;
- розрахунок кроквяної ферми;
- перевірка просторової жорсткості каркаса.

2.2.1 Розрахунок залізобетонної колони

Залізобетонна колона є одним із основних несучих елементів каркаса виробничого корпусу. Вона сприймає вертикальні навантаження від покриття, кранового обладнання та власної ваги конструкцій і передає їх на фундамент. Для виробничого корпусу приймається збірна залізобетонна колона прямокутного перерізу. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Вихідні дані для розрахунку колони

Показник	Позначення	Значення
Висота колони	H	12 м
Ширина перерізу	b	400 мм
Висота перерізу	h	600 мм
Клас бетону	–	C25/30
Клас арматури	–	A500С
Розрахункове навантаження	N	1953 кН

2.2.1.1 Визначення площі поперечного перерізу

Площа поперечного перерізу колони: $A = b \times h$ $A = 400 \times 600$ $A = 240000$ мм² $A = 0,24$ м².

2.2.1.2 Визначення напруження в бетоні

Напруження стиску визначається за формулою: $\sigma = N / A$ де: σ – напруження в бетоні; N – розрахункове навантаження; A – площа перерізу. Після підстановки отримуємо: $\sigma = 1953 / 0,24$ $\sigma = 8138$ кПа $\sigma = 8,14$ МПа. Допустиме напруження: $R_b = 14,5$ МПа. Перевірка: $8,14 < 14,5$. Умова міцності виконується [3].

2.2.1.3 Визначення гнучкості колони

Радіус інерції перерізу: $i = h / \sqrt{12}$ $i = 600 / 3,46$ $i = 173$ мм. Розрахункова довжина колони: $l_0 = 12000$ мм. Гнучкість колони: $\lambda = l_0 / i$ $\lambda = 12000 / 173$ $\lambda = 69,4$. Отримане значення не перевищує допустимих меж для залізобетонних колон.

2.2.1.4 Визначення мінімальної площі арматури

Мінімальний відсоток армування: $\mu = 1$ %. Тоді: $A_{s,min} = 0,01 \times A$ $A_{s,min} = 0,01 \times 240000$ $A_{s,min} = 2400$ мм².

2.2.1.5 Підбір поздовжньої арматури

Площа одного стержня Ø22: $A_1 = 380$ мм². Необхідна кількість стержнів: $n = 2400 / 380$ $n = 6,3$. Приймаємо: 8Ø22 А500С. Фактична площа арматури: $A_s = 8 \times 380$ $A_s = 3040$ мм². Перевірка: $3040 > 2400$. Умова виконується.

2.2.1.6 Підбір поперечної арматури

Для поперечного армування приймаються хомути: Ø8 А500С. Крок хомутів: $s = 200$ мм. У приопорних зонах: $s = 100$ мм.

2.2.1.7 Специфікація арматури колони

Таблиця 2.21 – Специфікація арматури колони

Елемент	Арматура
Поздовжня арматура	8Ø22 А500С
Поперечна арматура	Ø8 А500С

Крок хомутів	200 мм
Крок біля опор	100 мм

2.2.1.8 Результати розрахунку колони

Таблиця 2.22 – Результати розрахунку колони

Показник	Значення
Переріз колони	400×600 мм
Площа перерізу	240000 мм ²
Напруження в бетоні	8,14 МПа
Допустиме напруження	14,5 МПа
Гнучкість колони	69,4
Мінімальна площа арматури	2400 мм ²
Прийнята площа арматури	3040 мм ²

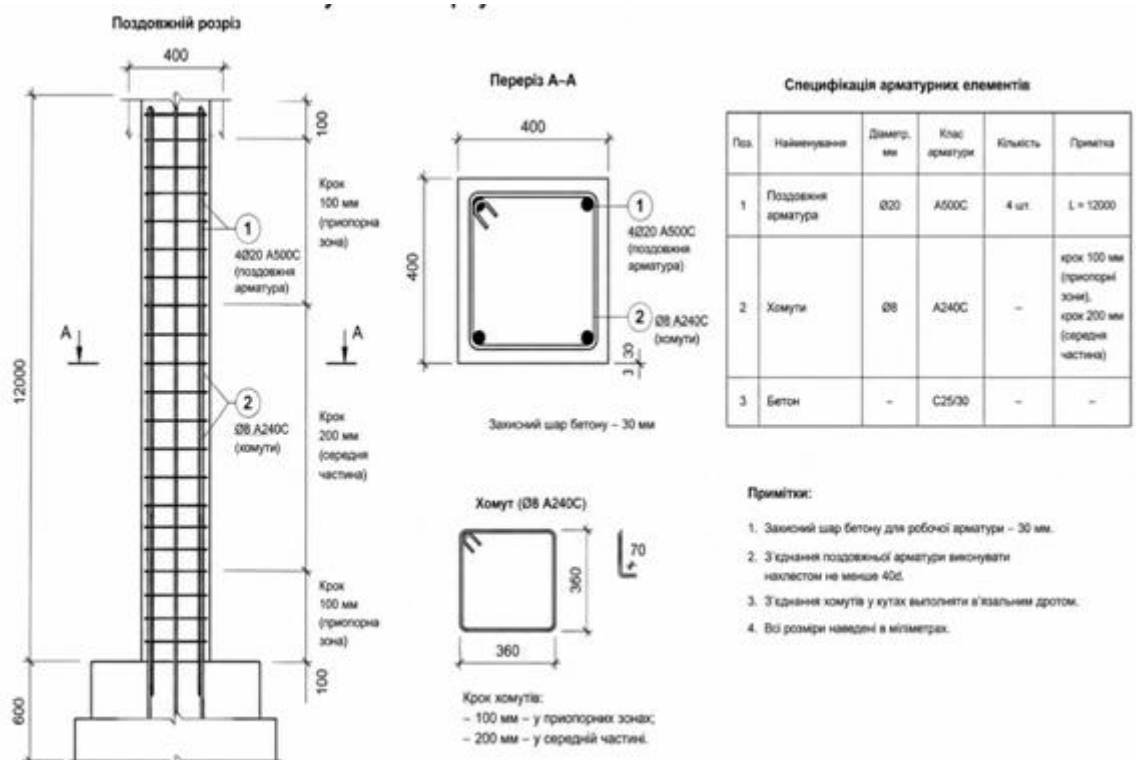


Рисунок 2.7 – Армвання залізобетонної колони

Таким чином, прийнята колона перерізом 400×600 мм із армуванням 8Ø22 A500C забезпечує сприйняття розрахункових навантажень та відповідає вимогам міцності і жорсткості.

2.2.1.9 Аналіз результатів розрахунку колони

Отримані результати розрахунку свідчать про те, що прийнятий переріз залізобетонної колони 400 × 600 мм забезпечує сприйняття всіх розрахункових навантажень, які передаються від покриття, підкранових конструкцій та мостового крана. Перевірка міцності показала, що несуча здатність перерізу є достатньою для забезпечення надійної роботи колони в умовах експлуатації виробничого корпусу. Використання бетону класу C25/30 та арматури класу A500C дозволяє забезпечити необхідну міцність і довговічність конструкції.

Прийнятий відсоток армування відповідає нормативним вимогам та забезпечує ефективну спільну роботу бетону й арматури. Розміщення поздовжньої та поперечної арматури забезпечує сприйняття поздовжніх зусиль і запобігає втраті стійкості стиснутих стержнів. Таким чином, прийнята конструкція залізобетонної колони відповідає вимогам міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності й може бути рекомендована для використання у виробничому корпусі цеху з виробництва залізобетонних виробів.

2.2.1.10 Перевірка конструктивних вимог до колони

Після визначення необхідної площі поздовжньої арматури виконується перевірка конструктивних вимог до залізобетонної колони відповідно до вимог чинних нормативних документів. Мінімальний відсоток армування для стиснутих залізобетонних елементів повинен забезпечувати спільну роботу бетону та арматури протягом усього терміну експлуатації конструкції. Прийнята площа поздовжньої арматури забезпечує необхідний рівень міцності та відповідає вимогам щодо мінімального армування. Поперечна арматура виконується у вигляді замкнених хомутів, які забезпечують фіксацію поздовжніх стержнів у проектному положенні та запобігають їх випучуванню під дією стискальних

зусиль. Крок поперечної арматури приймається відповідно до вимог нормативних документів та конструктивних особливостей елемента. Для забезпечення довговічності конструкції передбачено захисний шар бетону, який забезпечує захист арматури від корозії та впливу навколишнього середовища. Товщина захисного шару приймається відповідно до умов експлуатації виробничого корпусу.

Виконані перевірки підтверджують відповідність прийнятого армування конструктивним вимогам та можливість використання колони в проектованому виробничому корпусі.

2.2.1.11 Аналіз роботи колони під навантаженням

Прийнята залізобетонна колона працює переважно на центральний стиск та сприймає навантаження від покриття, підкранових балок, мостового крана і власної ваги конструкцій каркаса. Результати розрахунку показали, що фактичне напруження в бетоні становить 8,14 МПа, що складає близько 56 % від допустимого розрахункового опору бетону класу С25/30. Це свідчить про наявність достатнього запасу міцності конструкції. Прийнятий переріз колони 400×600 мм забезпечує необхідну несучу здатність та жорсткість елемента. Використання поздовжньої арматури 8Ø22 А500С дозволяє ефективно сприймати стискальні зусилля та забезпечує надійну роботу конструкції в умовах експлуатації виробничого корпусу. Поперечна арматура у вигляді замкнених хомутів забезпечує фіксацію робочих стержнів та запобігає їх випучуванню. Прийняте конструктивне рішення відповідає вимогам міцності, стійкості та довговічності.

2.2.2 Розрахунок підкранової балки

Підкранові балки призначені для сприйняття навантажень від мостових електричних кранів та передачі їх на залізобетонні колони каркаса будівлі. Виробничий корпус обладнаний мостовими кранами вантажопідйомністю 10 т, тому підкранові балки працюють у складних умовах експлуатації та сприймають

як вертикальні, так і горизонтальні навантаження. Для виробничого корпусу приймається збірна залізобетонна підкранова балка прольотом 6 м.

Вихідні дані наведено в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Вихідні дані для розрахунку підкранової балки

Показник	Позначення	Значення
Проліт балки	l	6 м
Вантажопідйомність крана	Q	10 т
Власна вага крана	G _{кр}	120 кН
Власна вага балки	G _б	45 кН
Клас бетону	–	C25/30
Клас арматури	–	A500С

2.2.2.1 Визначення розрахункового навантаження

Навантаження від мостового крана: $Q = 100$ кН. Власна вага крана: $G_{кр} = 120$ кН. Повне навантаження: $P = Q + G_{кр} P = 100 + 120 P = 220$ кН. З урахуванням динамічного коефіцієнта: $\phi = 1,1$. Тоді: $P_{розр} = 220 \times 1,1 P_{розр} = 242$ кН.

2.2.2.2 Визначення максимального згинального моменту

Для балки, навантаженої зосередженою силою посередині прольоту: $M = P_{розр} \times l / 4$ де: M – згинальний момент; $P_{розр}$ – розрахункове навантаження; l – проліт балки. Після підстановки отримуємо: $M = 242 \times 6 / 4 M = 363$ кН·м.

2.2.2.3 Визначення поперечної сили

Поперечна сила визначається за формулою: $Q_{max} = P_{розр} / 2 Q_{max} = 242 / 2 Q_{max} = 121$ кН.

2.2.2.4 Попередній підбір перерізу балки

Висота балки приймається за співвідношенням: $h = l / 10 h = 6000 / 10 h = 600$ мм. Для забезпечення запасу міцності приймаємо: $h = 800$ мм. Ширина балки: $b = 300$ мм. Отже, приймаємо переріз: 300×800 мм.

2.2.2.5 Визначення робочої висоти перерізу

Захисний шар бетону: $a = 40$ мм. Діаметр арматури: $d = 25$ мм. Робоча висота: $h_0 = 800 - 40 - 12,5 = 747,5$ мм. Приймаємо: $h_0 = 750$ мм.

2.2.2.6 Визначення необхідної площі арматури

$$A_s = M / (R_s \times 0,9 \times h_0) \quad A_s = 363 \times 10^6 / (435 \times 0,9 \times 750) \quad A_s = 1237 \text{ мм}^2.$$

2.2.2.7 Підбір арматури

Площа одного стержня $\varnothing 25$: $A_1 = 491$ мм². Необхідна кількість: $n = 1237 / 491 = 2,52$. Приймаємо: $4\varnothing 25$ А500С. Фактична площа: $A_{sф} = 4 \times 491 = 1964$ мм². Перевірка: $1964 > 1237$. Умова виконується.

2.2.2.8 Поперечне армування

Для сприйняття поперечних сил приймаються хомути: $\varnothing 8$ А500С. Крок хомутів: $s = 150$ мм. У приопорних зонах: $s = 100$ мм.

2.2.2.9 Результати розрахунку

Таблиця 2.24 – Результати розрахунку підкранової балки

Показник	Значення
Проліт балки	6 м
Розрахункове навантаження	242 кН
Максимальний момент	363 кН·м
Поперечна сила	121 кН
Переріз балки	300×800 мм
Робоча висота	750 мм
Необхідна площа арматури	1237 мм ²
Прийнята площа арматури	1964 мм ²
Поздовжня арматура	4 \varnothing 25 А500С
Поперечна арматура	\varnothing 8 А500С

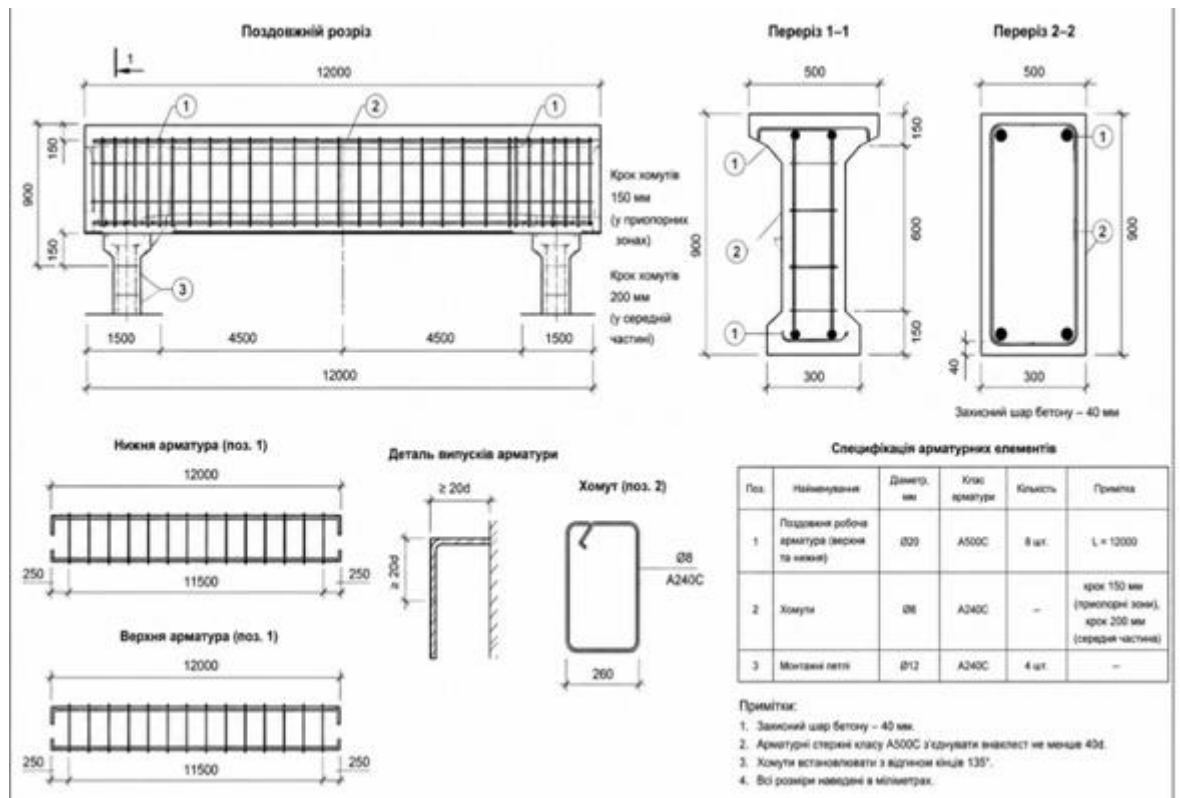


Рисунок 2.8 – Армуння підкранової балки

Таким чином, прийнята підкранова балка перерізом 300×800 мм забезпечує сприйняття навантажень від мостового крана вантажопідйомністю 10 т та відповідає вимогам міцності. [3].

2.2.2.10 Аналіз результатів розрахунку підкранової балки

Підкранова балка є одним із найбільш відповідальних елементів каркаса виробничого корпусу, оскільки сприймає навантаження від мостового крана та передає їх на колони. У результаті розрахунку встановлено, що максимальний згинальний момент становить 363 кН·м, а поперечна сила – 121 кН. Для забезпечення необхідної несучої здатності прийнято залізобетонну балку перерізом 300×800 мм із робочою арматурою 4Ø25 А500С. Фактична площа арматури перевищує необхідну, що забезпечує запас міцності конструкції та підвищує її експлуатаційну надійність. Прийнята схема армування забезпечує ефективне сприйняття згинальних моментів і поперечних сил, які виникають під час роботи мостового крана. Отримані результати підтверджують можливість

використання прийнятої підкранової балки в умовах виробничого корпусу цеху з виробництва залізобетонних виробів.

2.2.3 Розрахунок кроквяної ферми

Кроквяні ферми є основними несучими конструкціями покриття виробничого корпусу. Вони призначені для сприйняття навантажень від покриття, снігового навантаження та власної ваги конструкцій з подальшою передачею зусиль на колони каркаса.

Для виробничого корпусу прийнято збірні залізобетонні кроквяні ферми прольотом 24 м.

Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Вихідні дані для розрахунку кроквяної ферми

Показник	Позначення	Значення
Проліт ферми	l	24 м
Крок ферм	a	6 м
Навантаження на покриття	q	8,12 кПа
Клас бетону	–	C25/30
Клас арматури	–	A500C

2.2.3.1 Визначення вантажної площі ферми

Кожна ферма сприймає навантаження від смуги покриття шириною, що дорівнює кроку ферм. Вантажна площа ферми: $A = l \times a$ $A = 24 \times 6$ $A = 144$ м².

2.2.3.2 Визначення навантаження на ферму

Повне навантаження на ферму: $N = q \times A$ $N = 8,12 \times 144$ $N = 1169,28$ кН.
Приймаємо: $N = 1169$ кН.

2.2.3.3 Визначення розподіленого навантаження

Розподілене навантаження на ферму: $q_f = N / l$ $q_f = 1169 / 24$ $q_f = 48,7$ кН/м.
Приймаємо: $q_f = 48,7$ кН/м.

2.2.3.4 Визначення опорних реакцій

Для симетрично навантаженої ферми: $R_A = R_B = N / 2$ $R_A = R_B = 1169 / 2$ $R_A = R_B = 585$ кН.

2.2.3.5 Визначення максимального згинального моменту

Для попереднього розрахунку ферма розглядається як шарнірно оперта конструкція. Максимальний момент: $M = q\phi \times l^2 / 8$ $M = 48,7 \times 24^2 / 8$ $M = 48,7 \times 576 / 8$ $M = 3506$ кН·м.

2.2.3.6 Визначення максимальної поперечної сили

$Q_{\max} = q\phi \times l / 2$ $Q_{\max} = 48,7 \times 24 / 2$ $Q_{\max} = 585$ кН.

2.2.3.7 Визначення висоти ферми

Для залізобетонних кроквяних ферм попередньо приймається: $h = l / 8$ $h = 24 / 8$ $h = 3,0$ м. Отже, висота ферми становить: $h = 3,0$ м.

2.2.3.8 Перевірка напружень

Площа умовного перерізу верхнього поясу приймається: $A_p = 0,20$ м². Нормальне напруження: $\sigma = N / A_p$ $\sigma = 1169 / 0,20$ $\sigma = 5845$ кПа $\sigma = 5,85$ МПа. Допустиме напруження для бетону: $R_b = 14,5$ МПа. Перевірка: $5,85 < 14,5$. Умова виконується.

2.2.3.9 Підбір арматури верхнього поясу

Необхідна площа арматури: $A_s = 2800$ мм². Площа одного стержня $\varnothing 25$: $A_1 = 491$ мм². Кількість стержнів: $n = 2800 / 491$ $n = 5,7$. Приймаємо: $6\varnothing 25$ А500С. Фактична площа: $A_{sf} = 6 \times 491$ $A_{sf} = 2946$ мм². Перевірка: $2946 > 2800$. Умова виконується.

2.2.3.10 Результати розрахунку ферми

Таблиця 2.26 – Результати розрахунку кроквяної ферми

Показник	Значення
Проліт ферми	24 м
Вантажна площа	144 м ²

Навантаження на ферму	1169 кН
Розподілене навантаження	48,7 кН/м
Опорна реакція	585 кН
Максимальний момент	3506 кН·м
Поперечна сила	585 кН
Висота ферми	3,0 м
Напруження в бетоні	5,85 МПа
Арматура верхнього поясу	6Ø25 A500C

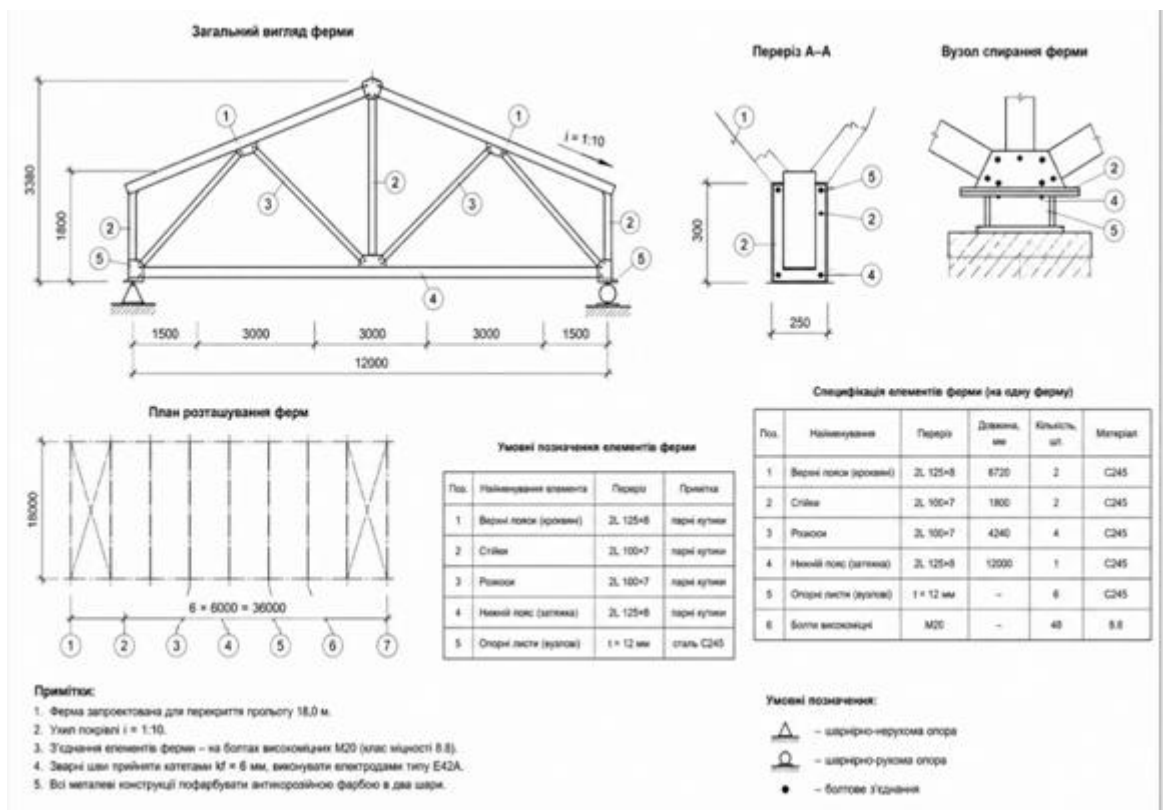


Рисунок 2.9 – Конструктивна схема кроквяної ферми

Таким чином, прийнята кроквяна ферма прольотом 24 м забезпечує сприйняття навантажень від покриття виробничого корпусу та відповідає вимогам міцності і жорсткості.

2.2.3.11 Аналіз роботи кроквяної ферми

Кроквяна ферма є основним несучим елементом покриття виробничого корпусу та забезпечує передачу навантажень від покриття на колони каркаса. У результаті розрахунку визначено, що ферма сприймає навантаження 1169 кН, при цьому максимальний згинальний момент становить 3506 кН·м, а максимальна поперечна сила – 585 кН. Перевірка напружень показала, що фактичне напруження в бетоні не перевищує допустимого значення. Для армування верхнього поясу прийнято арматуру 6Ø25 А500С, яка забезпечує необхідну несучу здатність конструкції. Прийняті конструктивні рішення забезпечують міцність, жорсткість та надійність ферми протягом усього терміну експлуатації виробничого корпусу.

2.2.4 Просторова жорсткість каркаса виробничого корпусу

Просторова жорсткість каркаса є необхідною умовою забезпечення надійності та безпечної експлуатації виробничого корпусу. Система просторової жорсткості забезпечує спільну роботу всіх несучих конструкцій будівлі та сприйняття горизонтальних навантажень від вітру, мостових кранів, температурних впливів і можливих нерівномірних деформацій основи.

Каркас виробничого корпусу являє собою просторову систему, яка складається з фундаментів, колон, підкранових балок, кроквяних ферм, плит покриття та вертикальних і горизонтальних зв'язків.

Основними елементами забезпечення просторової жорсткості є:

- жорстке закріплення колон у фундаментах;
- диски покриття з плит покриття;
- вертикальні зв'язки між колонами;
- горизонтальні зв'язки по покриттю;
- підкранові балки;
- кроквяні ферми.

Схему забезпечення просторової жорсткості каркаса наведено на рисунку 2.10.

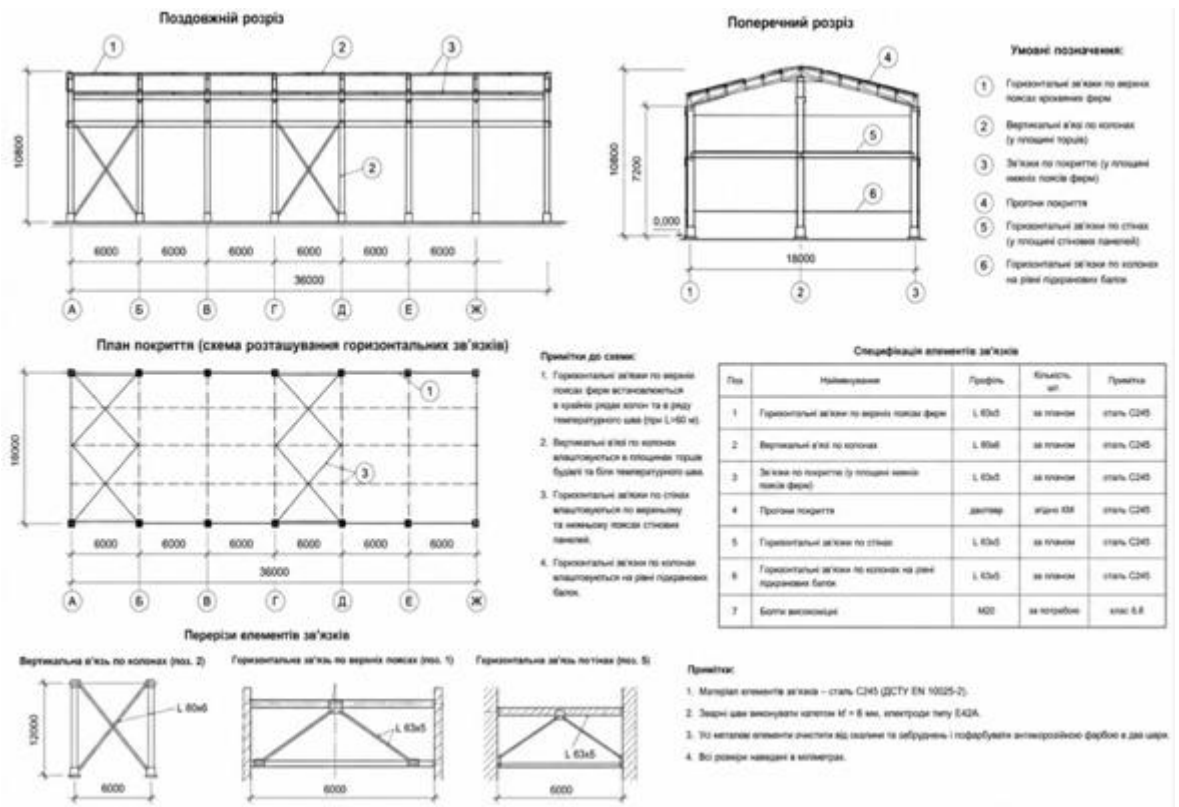


Рисунок 2.10 – Схема забезпечення просторової жорсткості каркаса

2.2.4.1 Визначення горизонтального вітрового навантаження на поперечну раму

Розрахунковий вітровий тиск: $W = 0,30$ кПа. Висота будівлі: $H = 12$ м. Крок рам: $a = 6$ м. Площа навітряної поверхні: $A_v = H \times a$ $A_v = 12 \times 6$ $A_v = 72$ м². Горизонтальне навантаження на раму: $N_v = W \times A_v$ $N_v = 0,30 \times 72$ $N_v = 21,6$ кН. Отже, горизонтальне вітрове навантаження на одну поперечну раму становить: $N_v = 21,6$ кН.

2.2.4.2 Визначення горизонтального кранового навантаження

Відповідно до рекомендацій для мостових кранів приймаємо горизонтальне навантаження як 10 % від вертикального кранового навантаження. Вертикальне кранове навантаження: $N_{кр} = 242$ кН. Горизонтальне кранове навантаження: $N_{кр} = 0,1 \times N_{кр}$ $N_{кр} = 0,1 \times 242$ $N_{кр} = 24,2$ кН.

2.2.4.3 Загальне горизонтальне навантаження

Загальне горизонтальне навантаження визначається як сума вітрового та кранового навантаження: $N_{заг} = N_v + N_{кр}$ $N_{заг} = 21,6 + 24,2$ $N_{заг} = 45,8$ кН.

Отже, загальне горизонтальне навантаження на поперечну раму становить: $N_{заг} = 45,8$ кН.

2.2.4.4 Перевірка стійкості каркаса

Вертикальне розрахункове навантаження: $N_{розр} = 1953$ кН. Коефіцієнт стійкості: $k_{ст} = N_{розр} / N_{заг}$ $k_{ст} = 1953 / 45,8$ $k_{ст} = 42,6$. Отримане значення свідчить про достатню стійкість каркаса відносно горизонтальних навантажень.

2.2.4.5 Розрахунок вертикальних зв'язків

Для забезпечення просторової жорсткості приймаються сталеві хрестові зв'язки між колонами. Зусилля у зв'язках: $N_{зв} = N_{заг} / 2$ $N_{зв} = 45,8 / 2$ $N_{зв} = 22,9$ кН. Для сприйняття такого навантаження приймаються сталеві зв'язки з кутиків $75 \times 75 \times 6$ мм.

2.2.4.6 Перевірка диска покриття

Плити покриття утворюють жорсткий горизонтальний диск, який забезпечує передачу горизонтальних навантажень між поперечними рамами. Площа диска покриття: $S_{покр} = 72 \times 48$ $S_{покр} = 3456$ м². Значна площа покриття забезпечує ефективну роботу диска жорсткості та рівномірний розподіл навантажень між рамами.

2.2.4.7 Результати розрахунку просторової жорсткості

Таблиця 2.27 – Результати перевірки просторової жорсткості

Показник	Значення
Вітрове навантаження	21,6 кН
Горизонтальне кранове навантаження	24,2 кН
Загальне горизонтальне навантаження	45,8 кН
Вертикальне навантаження	1953 кН
Коефіцієнт стійкості	42,6
Зусилля у вертикальних зв'язках	22,9 кН
Площа диска покриття	3456 м ²

Таким чином, система просторової жорсткості виробничого корпусу забезпечує сприйняття та передачу горизонтальних навантажень, а також гарантує стійкість каркаса під час експлуатації будівлі.

Висновки до розділу 2

У розділі виконано розрахунок підземної та надземної частин виробничого корпусу цеху з виробництва залізобетонних виробів. Для підземної частини визначено розрахункові навантаження, виконано збір навантажень на середню колону, розраховано фундамент стаканного типу, перевірено несучу здатність ґрунтової основи, виконано перевірку осідання фундаменту та підібрано необхідне армування. У результаті розрахунку встановлено, що фундамент розмірами 3,0×3,0 м забезпечує сприйняття розрахункового навантаження 1953 кН. Тиск під подошвою фундаменту не перевищує допустимого опору ґрунту, а розрахункове осідання становить 36,9 мм, що відповідає нормативним вимогам. Для надземної частини виконано розрахунок залізобетонної колони, підкранової балки та кроквяної ферми. Підібрані перерізи та армування забезпечують необхідну міцність і жорсткість конструкцій. Також виконано перевірку просторової жорсткості каркаса виробничого корпусу. Результати розрахунків підтвердили стійкість конструктивної схеми та відповідність прийнятих рішень вимогам чинних нормативних документів. Отримані результати можуть бути використані для подальшого проектування та будівництва виробничого корпусу цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Характеристика продукції

Плити ПК 63.12-8 відносяться до попередньо напружених залізобетонних конструкцій заводського виготовлення. Завдяки високій несучій здатності, жорсткості та довговічності вони широко застосовуються при будівництві багатоповерхових житлових будинків, громадських споруд та виробничих об'єктів. Використання уніфікованих розмірів забезпечує зручність транспортування, монтажу та сумісність з іншими елементами збірного залізобетонного каркаса.

Багатопустотні плити ПК 63.12-8 належать до виробів масового виробництва та характеризуються високим рівнем заводської готовності. Використання таких плит дозволяє скоротити тривалість монтажних робіт, зменшити трудомісткість будівництва та підвищити економічну ефективність зведення будівель і споруд. Багатопустотні плити перекриття широко застосовуються в житловому, громадському та промисловому будівництві. Вони використовуються для влаштування міжповерхових перекриттів, покриттів та інших несучих конструкцій будівель різного призначення. Вироби характеризуються високою міцністю, довговічністю, жорсткістю та економічністю. Наявність поздовжніх пустот дозволяє зменшити власну вагу конструкції без зниження її несучої здатності, що позитивно впливає на витрати матеріалів та транспортні витрати.

Для виготовлення плит використовується важкий бетон класу С25/30 та арматура класу А500С. Застосування сучасних матеріалів забезпечує відповідність виробів вимогам нормативних документів та гарантує їх надійну експлуатацію протягом тривалого часу. Вироби повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів щодо міцності, тріщиностійкості, морозостійкості, водонепроникності та геометричних параметрів.

Контроль якості готової продукції здійснюється на всіх етапах виробництва, починаючи з приймання сировини та закінчуючи відвантаженням готових виробів

споживачам. Виробництво плит ПК 63.12-8 є основним напрямком діяльності проєктованого цеху та забезпечує виконання річної виробничої програми підприємства обсягом 25 000 м³ залізобетонних виробів.

3.1.1 Область застосування

Технологічна карта розроблена на монтаж багатопустотних залізобетонних плит перекриття марки ПК 63.12-8 при будівництві виробничого корпусу цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків. Багатопустотні плити перекриття ПК 63.12-8 належать до збірних залізобетонних конструкцій заводського виготовлення та застосовуються для влаштування покриттів і перекриттів промислових, громадських та житлових будівель. Конструкції забезпечують сприйняття постійних і тимчасових навантажень, передачу їх на несучі елементи каркаса та створення жорсткого горизонтального диска покриття. У даному проєкті плити використовуються для влаштування покриття виробничого корпусу розмірами в плані 72×48 м.

Монтаж плит виконується після завершення монтажу колон, підкранових балок та кроквяних ферм, а також після перевірки геометричного положення несучих конструкцій. Технологічна карта встановлює склад і послідовність виконання монтажних операцій, вимоги до машин і механізмів, порядок контролю якості виконаних робіт та заходи з охорони праці під час монтажу плит перекриття. Виконання монтажних робіт здійснюється відповідно до вимог чинних нормативних документів з організації будівельного виробництва, охорони праці та монтажу збірних залізобетонних конструкцій.

3.1.2. Організація та технологія монтажу плит перекриття

Для влаштування покриття виробничого корпусу застосовуються багатопустотні залізобетонні плити перекриття марки ПК 63.12-8. Плити виготовляються із важкого бетону класу С25/30 та армуються арматурою класу А500С. Загальний вигляд та основні геометричні розміри плити наведені на рисунку 3.1.

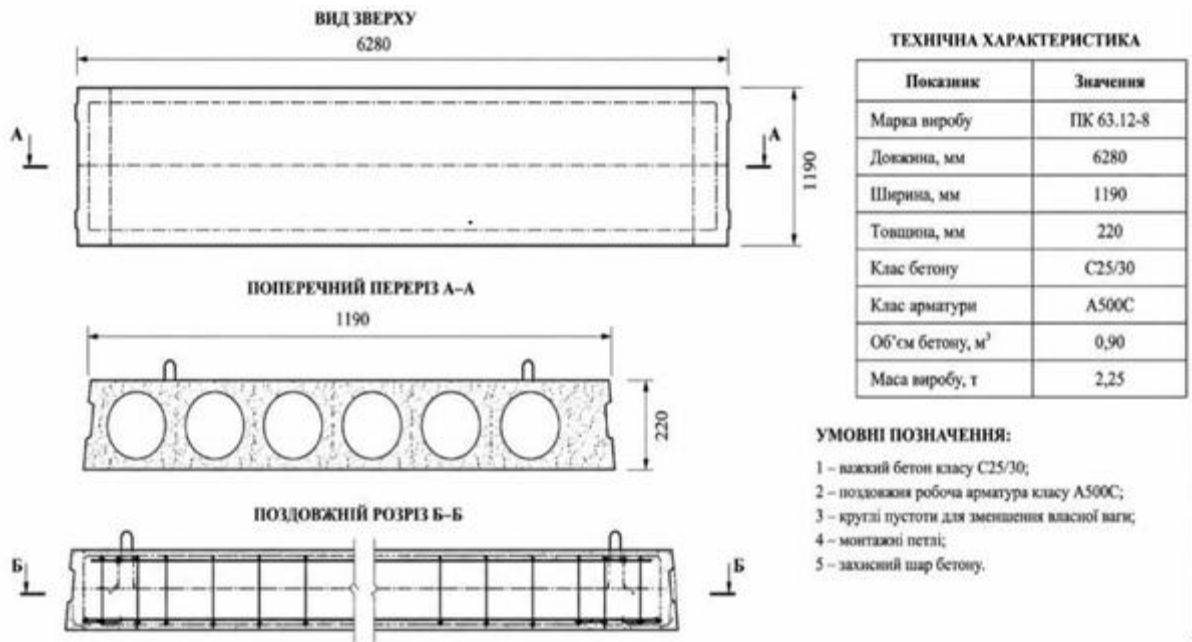


Рисунок 3.1 – Багатопустотна плита перекриття ПК 63.12-8 [5]

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики плити ПК 63.12-8

Показник	Значення
Марка виробу	ПК 63.12-8
Довжина	6280 мм
Ширина	1190 мм
Товщина	220 мм
Клас бетону	C25/30
Клас арматури	A500C
Об'єм бетону	0,90 м ³
Маса	2,25 т

Монтаж багатопустотних плит перекриття ПК 63.12-8 виконується після завершення монтажу несучих конструкцій каркаса виробничого корпусу та перевірки їх проектного положення. До початку монтажних робіт повинні бути завершені роботи зі встановлення колон, підкранових балок та кроквяних ферм, а

також виконана геодезична перевірка відміток і положення опорних конструкцій.

Монтаж плит здійснюється автомобільним краном вантажопідйомністю 10 т. Роботи виконуються спеціалізованою монтажною ланкою у складі машиніста крана та монтажників збірних конструкцій. Перед початком монтажу проводиться підготовка робочого місця. Виконується очищення опорних поверхонь від пилу, бруду, залишків розчину та сторонніх предметів. Одночасно перевіряється стан монтажних петель плит, наявність заводського маркування та відповідність конструкцій проєктній документації.

Після завершення підготовчих робіт виконується стропування плити. Для підйому конструкції застосовується чотиригілковий строп, який закріплюється за монтажні петлі. Перед основним підйомом виконується пробне піднімання плити на висоту 200–300 мм для перевірки надійності стропування та стійкості вантажу.

Після перевірки правильності стропування плита піднімається краном та переміщується до місця монтажу. Переміщення виконується плавно без ривків та різких змін напрямку руху. Під час переміщення конструкції монтажники контролюють її положення за допомогою відтяжок.

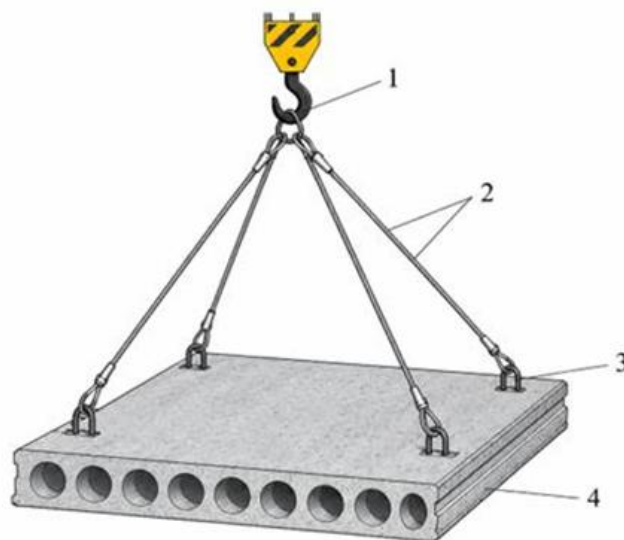


Рисунок 3.2 – Схема стропування багатопустотної плити перекриття ПК 63.12-8

1- гак монтажного крана; 2- чотири гілковий строп; 3- монтажні петлі плити;
4- багатопустотна плита перекриття ПК 63.12-8

Безпосередньо перед установленням на опорні конструкції на місця спирання наноситься шар цементно-піщаного розчину, який забезпечує рівномірну передачу навантаження від плити на несучі елементи каркаса.

Установлення плити виконується шляхом плавного опускання на опорні поверхні. Після встановлення здійснюється вивіряння положення плити в плані та по висоті. Контролюється величина опирання конструкції на несучі елементи та відповідність її проєктному положенню. Після остаточного вивіряння виконується розстропування плити. Монтажні петлі звільняються від стропів тільки після перевірки стійкості конструкції та правильності її встановлення. Наступним етапом є зварювання закладних деталей суміжних конструкцій. Зварні з'єднання забезпечують спільну роботу окремих плит та підвищують просторову жорсткість покриття виробничого корпусу. Після завершення зварювальних робіт виконується замонолічування монтажних швів цементно-піщаним розчином або дрібнозернистим бетоном.

Замонолічування забезпечує герметичність стиків, рівномірний розподіл навантажень між елементами покриття та підвищує довговічність конструкції. Технологічна послідовність монтажу плит перекриття наведена на листі ТК-1 «Технологічна карта монтажу багатопустотних плит перекриття ПК 63.12-8». Після завершення монтажу виконується контроль якості встановлених конструкцій та оформлюється виконавча документація на виконані роботи.

3.1.1 Розрахунок обсягів монтажних робіт

Для визначення потреби в монтажних механізмах, трудових ресурсах та тривалості виконання робіт необхідно встановити загальний обсяг монтажу плит перекриття. У проєкті виробничого корпусу застосовуються багатопустотні плити перекриття марки ПК 63.12-8.

Геометричні розміри однієї плити: – довжина $l = 6,28$ м; – ширина $b = 1,19$ м. Площа, що перекривається однією плитою, визначається за формулою:

$$S_{\text{пл}} = l \times b,$$

де $S_{\text{пл}}$ – площа однієї плити, м^2 ;

l – довжина плити, м ;

b – ширина плити, м .

Після підстановки значень отримуємо: $S_{\text{пл}} = 6,28 \times 1,19 = 7,47 \text{ м}^2$.

Загальна площа покриття виробничого корпусу становить:

$$S_{\text{заг}} = 72 \times 48 = 3456 \text{ м}^2.$$

Необхідна кількість плит покриття визначається за формулою:

$$N = S_{\text{заг}} / S_{\text{пл}} = 3456 / 7,47 = 462,65 \text{ шт}$$

де N – кількість плит покриття, шт.;

$S_{\text{заг}}$ – загальна площа покриття будівлі, м^2 ;

$S_{\text{пл}}$ – площа, що перекривається однією плитою, м^2 .

Отримане значення округлюється до більшого цілого числа. Приймаємо до монтажу: $N = 463$ плити.

Маса однієї плити становить: $G_{\text{пл}} = 2,25 \text{ т}$.

Загальна маса конструкцій, що підлягають монтажу, визначається за формулою:

$$G_{\text{заг}} = N \times G_{\text{пл}} = 463 \times 2,25 = 1041,75 \text{ т}.$$

де $G_{\text{заг}}$ – загальна маса плит, т;

N – кількість плит, шт.;

$G_{\text{пл}}$ – маса однієї плити, т.

Отже, загальна маса плит покриття, що підлягають монтажу, становить:

$G_{\text{заг}} = 1041,75 \text{ т}$. Отримані результати використовуються для подальшого вибору монтажного крана, визначення трудомісткості робіт та розрахунку тривалості монтажного процесу.

3.1.2 Вибір монтажного крана

Одним із найважливіших етапів розроблення технологічної карти є вибір монтажного крана. Правильний вибір монтажного механізму забезпечує безпечне виконання робіт, необхідну продуктивність монтажного процесу та скорочення тривалості будівництва. Вибір крана здійснюється за найбільш несприятливими умовами монтажу з урахуванням маси конструкції, маси вантажозахоплювальних пристроїв, висоти підйому вантажу та робочого вильоту стріли.

Для монтажу приймаються багатопустотні плити перекриття ПК 63.12-8.

Маса однієї плити становить: $G_{пл} = 2,25$ т.

Для підйому плит використовується чотиригілковий строп.

Маса вантажозахоплювального пристрою приймається: $G_{стр} = 0,15$ т.

Розрахункова маса вантажу визначається за формулою:

$$G_{розр} = G_{пл} + G_{стр},$$

де $G_{розр}$ – розрахункова маса вантажу, т;

$G_{пл}$ – маса плити перекриття, т;

$G_{стр}$ – маса стропа, т.

$$G_{розр} = 2,25 + 0,15 = 2,40 \text{ т.}$$

Для забезпечення необхідного запасу вантажопідйомності приймається коефіцієнт запасу: $k = 1,2$.

Необхідна вантажопідйомність крана визначається за формулою:

$$Q_{кр} = G_{розр} \times k,$$

де $Q_{кр}$ – необхідна вантажопідйомність крана, т.

$$Q_{кр} = 2,40 \times 1,2 = 2,88 \text{ т.}$$

Таким чином, для виконання монтажних робіт необхідно використовувати кран вантажопідйомністю не менше 3т. З урахуванням умов будівництва, розмірів виробничого корпусу, висоти монтажу та необхідного запасу вантажопідйомності приймається автомобільний кран КС-45717 вантажопідйомністю 10 т. Основні технічні характеристики прийнятого крана:

- вантажопідйомність – 10 т;
- максимальна висота підйому гака – до 14 м;

- довжина стріли – до 14 м;
- можливість роботи на будівельному майданчику в умовах обмеженого простору.

Прийнятий кран забезпечує безпечне виконання монтажних робіт, має достатній запас вантажопідйомності та дозволяє здійснювати монтаж плит перекриття в проектне положення без додаткових перевантажень конструкцій.

3.1.3 Розрахунок трудомісткості та тривалості монтажних робіт

Розрахунок трудомісткості монтажних робіт виконується для визначення необхідної кількості робітників, тривалості монтажного процесу та організації роботи монтажної ланки. Загальна кількість плит перекриття, що підлягають монтажу, становить: $N = 463$ плити.

Для виконання монтажу приймається монтажна ланка у складі:

- 3.1.3.1 машиніст крана – 1 особа;
- 3.1.3.2 монтажник конструкцій 4 розряду – 1 особа;
- 3.1.3.3 монтажник конструкцій 3 розряду – 2 особи.

Загальна кількість робітників у монтажній ланці: $n = 4$ особи.

Для розрахунку тривалості монтажних робіт приймається середня змінна продуктивність монтажної ланки: $P_{зм} = 24$ плити/зміну.

Тривалість монтажу плит перекриття визначається за формулою:

$$T = N / P_{зм},$$

де T – тривалість монтажу, змін;

N – загальна кількість плит перекриття, шт.;

$P_{зм}$ – змінна продуктивність монтажної ланки, плит/зміну.

$$T = 463 / 24 = 19,29 \text{ зміни.}$$

Приймаємо: $T = 20$ змін. За умови роботи в одну зміну тривалість монтажу плит перекриття становить: $T = 20$ робочих днів. Якщо роботи виконуються у дві зміни, тривалість монтажу може бути скорочена до: $T = 20 / 2 = 10$ днів.

Трудомісткість монтажних робіт визначається за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = T \times n,$$

де $Q_{\text{тр}}$ – трудомісткість монтажних робіт, люд.-зм.;

T – тривалість виконання робіт, змін;

n – кількість робітників у монтажній ланці, осіб.

Після підстановки значень: $Q_{\text{тр}} = 20 \times 4 = 80$ люд.-зм.

Отже, для монтажу 463 плит перекриття необхідно 20 змін роботи монтажної ланки, а загальна трудомісткість робіт становить 80 люд.-зм.

3.1.4 Контроль якості монтажних робіт

Контроль якості монтажу плит перекриття виконується з метою забезпечення відповідності змонтованих конструкцій вимогам проектної документації, нормативних документів та технологічної карти. Контроль якості здійснюється на трьох основних етапах:

- до початку монтажу;
- у процесі виконання монтажних робіт;
- після завершення монтажу плит перекриття.

До початку монтажу виконується вхідний контроль плит перекриття. При цьому перевіряється відповідність марки виробу проектній документації, наявність заводського маркування, цілісність монтажних петель, відсутність тріщин, відколів, раковин та інших дефектів. Також перевіряється правильність складування плит на будівельному майданчику. Під час монтажу виконується операційний контроль. Перевіряється правильність стропування плит, справність вантажозахоплювальних пристроїв, відповідність положення плити проектним осям, величина спирання на несучі конструкції та горизонтальність установлених елементів. Після встановлення плит у проектне положення контролюється якість зварювання закладних деталей, правильність виконання монтажних швів та якість їх замонолічування. Зварні з'єднання повинні бути виконані без пропусків, тріщин, напливів та інших дефектів, які можуть знизити надійність конструкції. Приймальний контроль виконується після завершення монтажу плит на окремій ділянці покриття. За результатами контролю складається виконавча документація, яка підтверджує відповідність виконаних робіт проектним вимогам.

Таблиця 3.2 – Основні види контролю якості монтажу плит перекриття

Вид контролю	Що перевіряється	Спосіб контролю
Вхідний контроль	Марка плит, геометричні розміри, стан монтажних петель, відсутність дефектів	Візуальний огляд, вимірювання
Операційний контроль	Стропування, положення плити, величина спирання, горизонтальність	Візуальний огляд, рулетка
Контроль зварювання	Якість зварних з'єднань закладних деталей	Візуальний огляд
Контроль швів	Якість замонолічування монтажних стиків	Візуальний огляд
Приймальний контроль	Відповідність змонтованої Ділянки проектній документації	Огляд, виконавча документація

Якісне виконання контролю на кожному етапі монтажу забезпечує надійну роботу покриття виробничого корпусу та запобігає виникненню дефектів під час експлуатації будівлі.

3.1.5 Охорона праці при монтажі плит перекриття

Монтаж плит перекриття належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки пов'язаний із виконанням вантажопідіймальних операцій, переміщенням великогабаритних конструкцій та виконанням робіт на висоті. Тому під час виконання монтажних робіт необхідно суворо дотримуватися вимог чинних нормативних документів з охорони праці та промислової безпеки. До виконання монтажних робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також навчання безпечним методам виконання робіт. Машиніст крана та монтажники повинні мати відповідну

кваліфікацію та посвідчення на право виконання робіт.

Перед початком монтажу відповідальна особа перевіряє технічний стан монтажного крана, справність вантажозахоплювальних пристроїв, стропів, траверс та монтажного інструменту. Забороняється використовувати обладнання, яке має механічні пошкодження або не пройшло встановлені випробування. Стропування плит перекриття необхідно виконувати тільки за монтажні петлі із застосуванням справних чотиригілкових стропів. Перед основним підйомом конструкції виконується пробне піднімання плити на висоту 200–300 мм для перевірки правильності стропування та стійкості вантажу. Під час переміщення плити краном забороняється перебування людей під піднятим вантажем, а також у зоні його можливого падіння. Межі небезпечної зони повинні бути позначені попереджувальними знаками та огороженнями. Монтажники, які виконують роботи на висоті, повинні використовувати запобіжні пояси, захисні каски, спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Робочі місця повинні бути забезпечені безпечними проходами та необхідним освітленням. Установлення плити в проєктне положення виконується плавно без ривків і ударів.

Розстропування конструкції дозволяється тільки після остаточної перевірки правильності її встановлення та забезпечення стійкого положення на опорах. Під час виконання зварювальних робіт необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки. Місця виконання зварювання повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. Після завершення зварювальних робіт виконується перевірка відсутності осередків займання. При швидкості вітру понад 15 м/с, сильному дощі, грозі або недостатній видимості виконання монтажних робіт забороняється. Дотримання вимог охорони праці забезпечує безпечне виконання монтажних робіт, знижує ризик виробничого травматизму та сприяє якісному виконанню будівельно-монтажних процесів.

3.2 Технологічна частина

3.2.1 Характеристика продукції

Основною продукцією проєктованого підприємства є багатопустотні залізобетонні плити перекриття марки ПК 63.12-8. (Рис. 3.3) Багатопустотні плити перекриття широко застосовуються в житловому, громадському та промисловому будівництві. Вони використовуються для влаштування міжповерхових перекриттів, покриттів та інших несучих конструкцій будівель різного призначення. Вироби характеризуються високою міцністю, довговічністю та економічністю. Наявність поздовжніх пустот дозволяє зменшити власну вагу конструкції без зниження її несучої здатності, що позитивно впливає на витрати матеріалів та транспортні витрати. Для виготовлення плит використовується важкий бетон класу С25/30 та арматура класу А500С. Застосування сучасних матеріалів забезпечує відповідність виробів вимогам нормативних документів та гарантує їх надійну експлуатацію протягом тривалого часу.

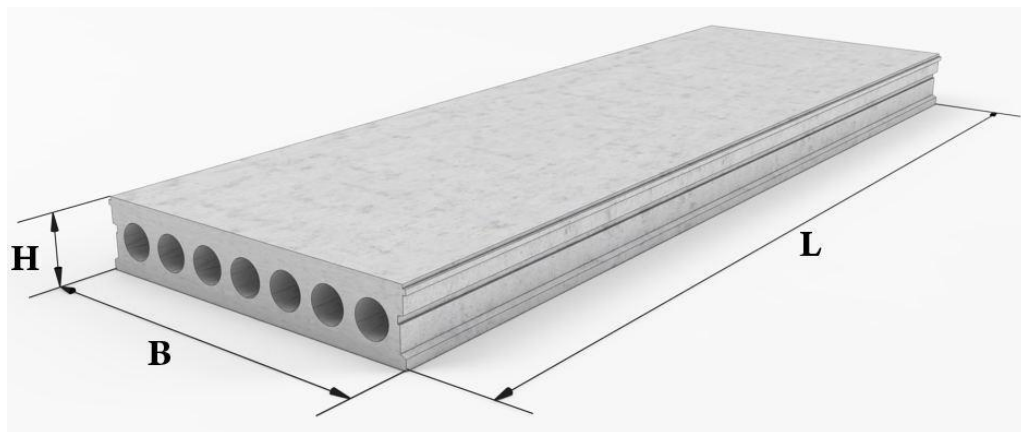


Рисунок 3.3 – Багатопустотна плита перекриття ПК 63.12-8

L – довжина, B – ширина, H - висота

Геометричні параметри та технічні характеристики плити ПК 63.12-8 прийнято відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-53:2008 «Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови».

Основні характеристики плити ПК 63.12-8:

Довжина - 6280 мм,

Ширина - 1190 мм,

Товщина - 220 мм,

Клас бетону - C25/30,

Клас арматури - A500С,

Об'єм бетону - 0,90 м³,

Маса виробу - 2,25 т.

Вироби повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів щодо міцності, тріщиностійкості, морозостійкості, водонепроникності та геометричних параметрів. Контроль якості готової продукції здійснюється на всіх етапах виробництва, починаючи з приймання сировини та закінчуючи відвантаженням готових виробів споживачам. Виробництво плит ПК 63.12-8 є основним напрямком діяльності проєктованого цеху та забезпечує виконання річної виробничої програми підприємства обсягом 25 000 м³ залізобетонних виробів.

3.2.2 Технологія виробництва багатопустотних плит перекриття

Технологічний процес виробництва багатопустотних плит перекриття являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на виготовлення якісної залізобетонної продукції із заданими технічними характеристиками. Виробництво здійснюється потоково-агрегатним способом, який забезпечує безперервність технологічного процесу, високу продуктивність праці та стабільну якість готових виробів.

Технологічна схема виробництва плит перекриття наведена на рисунку 3.2.

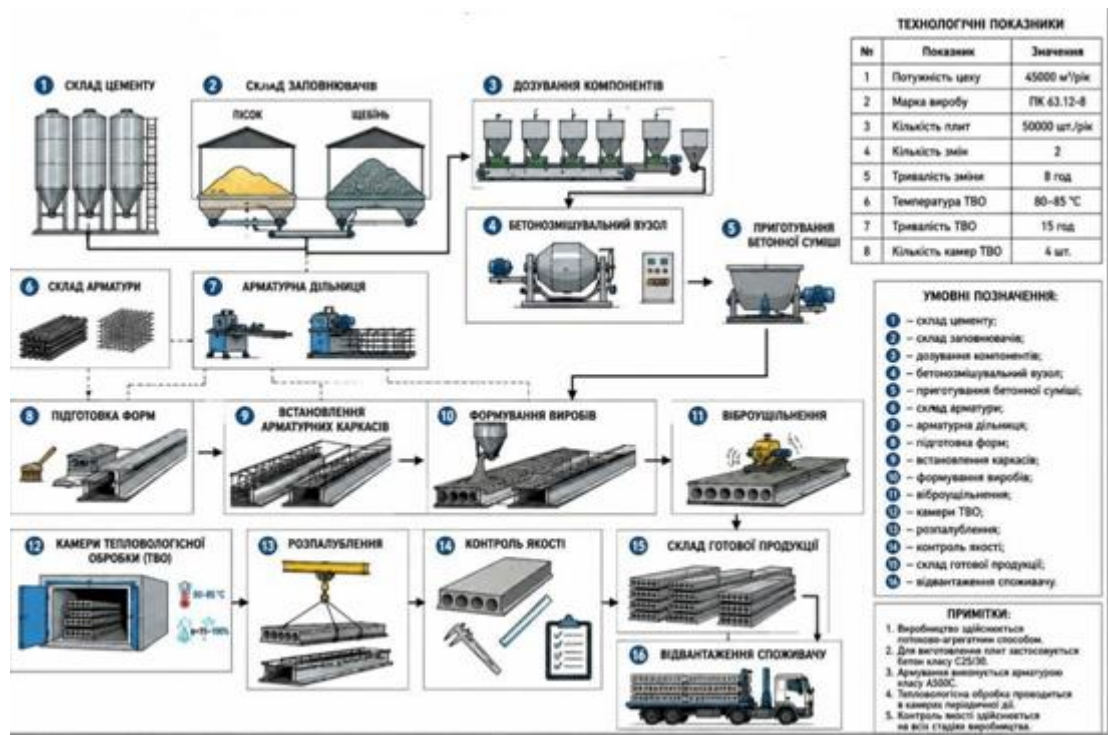


Рисунок 3.2 – Технологічна схема виробництва багатопустотних плит перекриття

Основними стадіями виробництва є:

- приймання та зберігання сировини;
- приготування бетонної суміші;
- виготовлення арматурних виробів;
- підготовка форм;
- формування виробів;
- тепловологісна обробка;
- розпалублення;
- контроль якості;
- складування готової продукції.

Технологічний процес організовано таким чином, щоб забезпечити безперервний рух матеріалів та напівфабрикатів між виробничими дільницями з мінімальними витратами часу та трудових ресурсів.

3.2.2.1 Приймання та зберігання сировини

Для виробництва багатопустотних плит перекриття використовуються цемент, пісок, щебінь, вода та арматурна сталь. Усі матеріали, що надходять на підприємство, проходять вхідний контроль якості. Під час контролю перевіряється відповідність матеріалів вимогам державних стандартів, наявність сертифікатів якості та супровідної документації. Цемент доставляється на підприємство цементовозами та зберігається у металевих силосах. Для запобігання втратам цементу та забрудненню навколишнього середовища силоси обладнуються системами аспірації. Пісок і щебінь зберігаються на відкритих складах із твердим покриттям. Для кожного виду заповнювачів передбачаються окремі секції, що виключає можливість змішування матеріалів. Арматурна сталь зберігається під навісом на спеціальних стелажах. Такий спосіб зберігання захищає метал від атмосферних впливів та корозії.

Таблиця 3.2 – Основна сировина для виробництва плит перекриття

Найменування матеріалу	Нормативний документ	Основні властивості
Цемент ПЦІ-500	ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови	Висока активність, марка міцності 500, забезпечує необхідну міцність бетону
Пісок кварцовий	ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови	Модуль крупності 2,0–2,5; низький вміст пилоподібних частинок

Щебінь гранітний	ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови	Висока міцність, морозостійкість, низьке водопоглинання
Вода технічна	ДСТУ EN 1008:2022 Вода для замішування бетону. Технічні умови для відбирання проб, тестування та оцінювання придатності води, охоплюючи воду, відновлену під час виробництва бетону, як воду для змішування бетону	Не містить шкідливих домішок, придатна для виготовлення бетону
Арматурна сталь А500С	ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови	Межа текучості 500 МПа, висока міцність і зварюваність

Для виготовлення багатопустотних плит перекриття використовуються сертифіковані сировинні матеріали, які відповідають вимогам чинних нормативних документів. Якість вихідних матеріалів суттєво впливає на міцність, довговічність та експлуатаційну надійність готових залізобетонних виробів. Перед використанням усі матеріали проходять вхідний контроль якості. Раціональна організація приймання та зберігання сировини забезпечує безперебійну роботу підприємства та стабільну якість готової продукції.

3.2.2.2 Приготування бетонної суміші

Приготування бетонної суміші здійснюється на бетонозмішувальному вузлі підприємства. Технологічний процес включає дозування компонентів, змішування матеріалів та подачу готової суміші на формувальну ділянку. Дозування цементу, піску, щебеню та води виконується автоматизованими системами, що забезпечують високу точність складу бетонної суміші. Після

дозування компоненти подаються до бетонозмішувача, де відбувається їх інтенсивне перемішування до отримання однорідної маси.

Якість бетонної суміші контролюється за такими показниками:

- рухливість;
- однорідність;
- водоцементне відношення;
- відповідність проєктному складу.

Таблиця 3.3 – Склад бетонної суміші для плит перекриття

Матеріал	Витрата на 1 м ³ бетону
Цемент	380 кг
Пісок	650 кг
Щебінь	1200 кг
Вода	190 л

Готова бетонна суміш транспортується до формувального відділення за допомогою бадей або спеціальних транспортних систем.

3.2.2.3 Виготовлення арматурних виробів

Арматурні вироби забезпечують сприйняття розтягувальних зусиль та підвищують несучу здатність залізобетонних плит.

Технологічний процес виготовлення арматурних виробів включає правку, різання, гнуття та зварювання арматурної сталі. Перед початком обробки арматура очищується від забруднень та проходить контроль якості. Різання арматури виконується на автоматизованих верстатах відповідно до робочих креслень. Гнуття арматурних елементів здійснюється на спеціальних згинальних верстатах, які забезпечують точність геометричних параметрів виробів. Збирання арматурних каркасів виконується методом контактного точкового зварювання.

Таблиця 3.4 – Основні операції виготовлення арматурних виробів

Операція	Призначення
Правка арматури	Усунення деформацій
Різання	Отримання заготовок необхідної довжини
Гнуття	Формування окремих елементів
Зварювання	Складання арматурних каркасів
Контроль якості	Перевірка відповідності вимогам

Після завершення виготовлення арматурні каркаси передаються на формувальну дільницю для подальшого використання у виробництві плит перекриття.

3.2.2.4 Формування виробів

Формування є одним із найважливіших етапів технологічного процесу виробництва багатопустотних плит перекриття. Саме на цій стадії формується геометрична форма виробу, встановлюється арматурний каркас та укладається бетонна суміш. Перед початком формування виконується підготовка форм. Форми очищуються від залишків бетону, перевіряється їх технічний стан та геометричні розміри. Для полегшення подальшого розпалублення внутрішні поверхні форм покриваються спеціальними мастильними матеріалами. Після підготовки форми встановлюються арматурні каркаси та закладні деталі. Правильність їх розташування перевіряється відповідно до робочих креслень. Укладання бетонної суміші здійснюється рівномірно по всій довжині форми. Для забезпечення необхідної щільності бетону використовується вібраційне ущільнення. Вібрування сприяє видаленню повітряних порожнин, підвищенню щільності бетонної суміші та покращенню структури бетону.

Для формування багатопустотних плит перекриття використовуються

металеві форми зі встановленими пустотоутворювачами. Після очищення та змащування форми виконується встановлення арматурного каркаса, закладних деталей та пустотоутворювачів. Правильність їх розташування перевіряється відповідно до робочих креслень.

Укладання бетонної суміші здійснюється у два шари. Спочатку укладається нижній шар бетонної суміші товщиною приблизно 80–100 мм, після чого виконується попереднє віброуцільнення. Далі укладається верхній шар бетонної суміші до проєктної висоти виробу та здійснюється остаточне уцільнення на вібромайданчику. Пустотоутворювачі встановлюються у форму до початку бетонування та залишаються в ній протягом процесу формування виробу. Після завершення уцільнення бетонної суміші та досягнення бетоном початкової міцності пустотоутворювачі обережно вилучаються з виробу. Це забезпечує утворення поздовжніх круглих пустот необхідного діаметра та форми. Після закінчення формування виконується контроль геометричних розмірів виробу, положення арматури, якості поверхні бетону та правильності розташування пустот. Сформовані вироби передаються на тепловологісну обробку.

Основними вимогами до процесу формування є:

- забезпечення точності геометричних розмірів виробу;
- правильне розташування арматури;
- рівномірне укладання бетонної суміші;
- якісне уцільнення бетону;
- відсутність дефектів поверхні.

Таблиця 3.5 – Основні операції формування виробів

Операція	Призначення
Очищення форм	Видалення залишків бетону

Змащування форм	Полегшення розпалублення
Встановлення арматури	Формування каркаса виробу
Укладання бетонної суміші	Заповнення форми
Вібраційне ущільнення	Підвищення щільності бетону
Контроль якості	Перевірка правильності формування

Після завершення формування виробу направляються на тепловологісну обробку.

3.2.2.5 Тепловологісна обробка виробів

Тепловологісна обробка є важливим етапом виробництва залізобетонних виробів. Її основним призначенням є прискорення процесу тверднення бетону та забезпечення набору необхідної міцності у найкоротші строки. Для тепловологісної обробки використовуються спеціальні камери пропарювання. Під час обробки підтримуються задані параметри температури та вологості, що забезпечує рівномірне тверднення бетону по всьому об'єму виробу.

Технологічний цикл тепловологісної обробки включає:

- попереднє витримування;
- підвищення температури;
- ізотермічне прогрівання;
- охолодження виробів.

Попереднє витримування необхідне для початкового тверднення бетонної суміші та запобігання появі дефектів під час подальшого нагрівання. Після цього температура в камері поступово підвищується до нормативного значення. Основний період тепловологісної обробки проходить при температурі 80 °С.

Таблиця 3.6 – Режим тепловологісної обробки

Етапи тепловологісної обробки	Тривалість	Температура, °С
Попереднє витримування	2 год	20
Підйом температури	3 год	20-80
Ізотермічне прогрівання	8 год	80
Охолодження	2 год	80-40
Загальна тривалість циклу	15 год	15

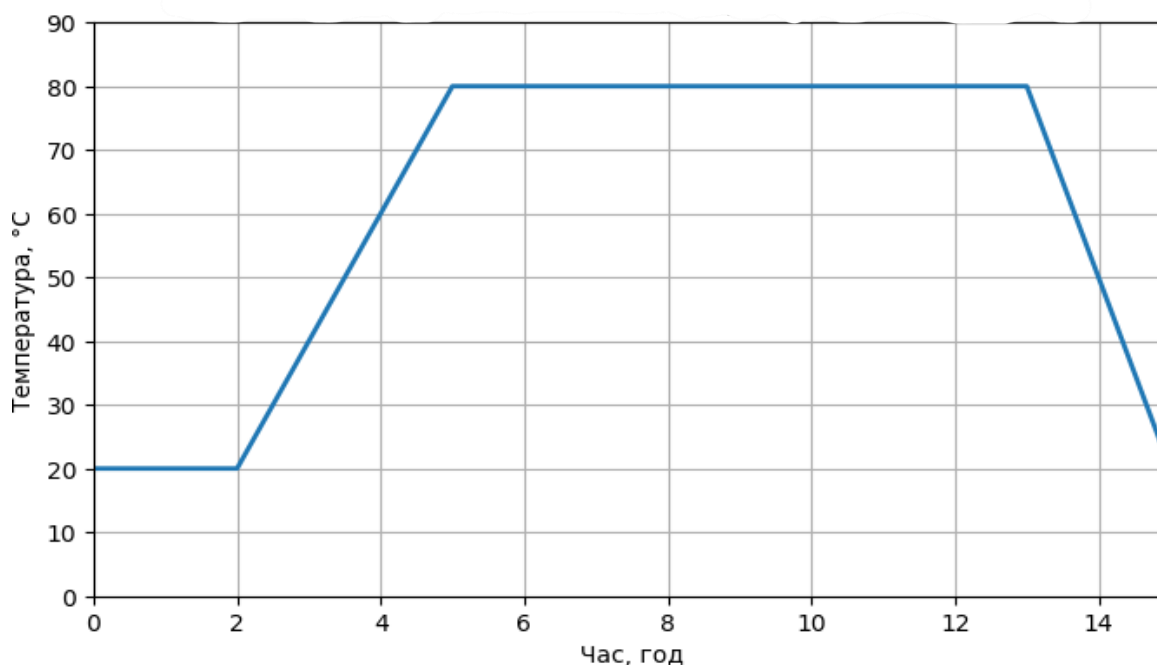


Рисунок 3.4 – Графік режиму тепловологісної обробки плит ПК 63.12-8

На етапі попереднього витримування відбувається початкове тверднення бетонної суміші. Під час підйому температури забезпечується поступове нагрівання виробів без виникнення температурних напружень. Ізотермічне прогрівання при температурі 80 °С забезпечує інтенсивний набір міцності бетону. На завершальному етапі здійснюється поступове охолодження виробів до температури, на 15-20° вище навколишнього середовища.

У результаті тепловологісної обробки бетон набирає більшу частину

проектної міцності, що дозволяє виконувати розпалублення виробів та їх подальше транспортування.

3.2.2.6 Розпалублення та контроль якості

Після завершення тепловологісної обробки вироби проходять стадію розпалублення. Розпалублення полягає у видаленні виробів із форм без пошкодження їх поверхні та конструктивних елементів. Для виконання цієї операції використовуються мостові крани вантажопідйомністю 10 т. Після вилучення виробів із форм виконується очищення форм та їх підготовка до наступного виробничого циклу.

Контроль якості продукції здійснюється на всіх стадіях виробництва залізобетонних виробів і спрямований на забезпечення відповідності готової продукції вимогам чинних стандартів та проектної документації. Основними видами контролю є:

- вхідний контроль сировини;
- операційний контроль технологічного процесу;
- приймальний контроль готової продукції.

Вхідний контроль передбачає перевірку якості цементу, заповнювачів, води та арматурної сталі.

Операційний контроль включає:

- контроль правильності встановлення арматури;
- контроль геометричних розмірів форм;
- контроль складу бетонної суміші;
- контроль режимів тепловологісної обробки. Приймальний контроль

передбачає перевірку:

- міцності бетону;
- геометричних розмірів виробів;
- якості поверхні;
- наявності тріщин і дефектів.

Контроль міцності бетону здійснюється шляхом випробування

контрольних зразків відповідно до вимог ДСТУ та чинних нормативних документів.

3.2.2.7 Складування готової продукції

Готові плити перекриття після проходження контролю якості транспортуються на склад готової продукції. Складування здійснюється на відкритому майданчику з твердим покриттям. Вироби розміщуються у штабелях із використанням дерев'яних прокладок. Прокладки встановлюються одна над одною по вертикалі для забезпечення рівномірної передачі навантаження між виробами. Транспортування плит по території підприємства виконується мостовими кранами та спеціалізованими транспортними засобами.

Таблиця 3.8 – Вимоги до складування готової продукції

Показник	Значення
Тип складу	Відкритий
Покриття майданчика	Бетонне
Спосіб складування	У штабелях
Використання прокладок	Обов'язкове
Спосіб транспортування	Мостові крани

Правильна організація складування забезпечує збереження якості виробів, запобігає їх пошкодженню та створює умови для ефективного відвантаження споживачам.

3.2.3 Розрахунок виробничої програми

Виробнича програма підприємства визначає обсяг продукції, який необхідно виготовити протягом певного періоду часу. Вона є основою для розрахунку потреби у сировині, підбору технологічного обладнання,

визначення чисельності персоналу та організації виробничого процесу.

Проектна потужність цеху з виробництва залізобетонних виробів становить:

$$Q_p = 25000 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Кількість робочих днів на рік: $D = 260$ днів.

Кількість змін: $n = 2$ зміни.

Тривалість зміни: $t = 8$ год.

Таблиця 3.9 – Вихідні дані для розрахунку виробничої програми

Показник	Позначення	Значення
Річна потужність	Q_p	25000 м ³
Робочі дні на рік	D	260
Кількість змін	n	2
Тривалість зміни	t	8 год

Добова продуктивність підприємства визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = Q_p / D = 25000 / 260 = 96,15 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

де: $Q_{\text{доб}}$ – добова продуктивність підприємства, м³/добу;

Q_p – річна потужність підприємства, м³/рік;

D – кількість робочих днів на рік.

Змінна продуктивність визначається за формулою: =

$$Q_{\text{доб}} / n = 96,2 / 2 = 48,1 \text{ м}^3/\text{зміну}.$$

де: $Q_{\text{зм}}$ – продуктивність за зміну, м³/зміну;

n – кількість змін на добу.

Годинна продуктивність визначається за формулою:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{зм}} / t = 48,1 / 8 = 6,01 \text{ м}^3/\text{год}.$$

де: $Q_{\text{год}}$ – продуктивність за годину, $\text{м}^3/\text{год}$;

t – тривалість зміни, год.

$Q_{\text{год}}$ - приймаємо: $Q_{\text{год}} = 6,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку виробничої програми

Показник	Значення
Добова продуктивність	96,2 $\text{м}^3/\text{добу}$
Змінна продуктивність	48,1 $\text{м}^3/\text{зміну}$
Годинна продуктивність	6,0 $\text{м}^3/\text{год}$

Об'єм бетону в одній плиті: $V_{\text{пл}} = 0,90 \text{ м}^3$.

Кількість плит за добу визначається за формулою:

$$N_{\text{доб}} = Q_{\text{доб}} / V_{\text{пл}} = 96,2 / 0,90 = 106,9 \text{ шт.}$$

де: $N_{\text{доб}}$ – кількість плит за добу, шт.;

$Q_{\text{доб}}$ – добова продуктивність підприємства, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$V_{\text{пл}}$ – об'єм бетону в одній плиті, м^3 .

Приймаємо: $N_{\text{доб}} = 107 \text{ плит/добу}$.

Кількість плит за зміну визначається за формулою: $N_{\text{зм}}$

$$= N_{\text{доб}} / n = 107 / 2 = 53,5 \text{ шт.}$$

де: $N_{\text{зм}}$ – кількість плит за зміну, шт.;

n – кількість змін на добу.

Таблиця 3.11 – Виробнича програма у виробках

Показник	Значення
Об'єм бетону в одній плиті	0,90 м ³
Добовий випуск	107 шт.
Змінний випуск	54 шт.

Отримані результати показують, що для забезпечення проєктної потужності підприємства необхідно виготовляти в середньому 107 багатопустотних плит перекриття на добу або 54 плити за зміну. Розрахована виробнича програма використовується під час підбору технологічного обладнання, визначення потреби у матеріалах та організації виробничого процесу.

3.2.4 Підбір технологічного обладнання

Підбір технологічного обладнання здійснюється на підставі виробничої програми підприємства, прийнятої технології виготовлення залізобетонних виробів та режиму роботи цеху. Для забезпечення виконання виробничої програми необхідно підібрати основне технологічне обладнання. Склад обладнання визначається відповідно до технологічної схеми виробництва багатопустотних плит перекриття.

Основне обладнання включає:

- бетонозмішувальний вузол;
- арматурні верстати;
- формувальні установки;
- камери тепловологісної обробки;
- мостові крани;
- транспортне обладнання.

3.2.4.1 Розрахунок кількості бетонозмішувачів

Кількість замісів за годину роботи:

$$n_{зч} = \frac{3600}{T_{ц}} k_{в} = \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} k_{в} = \frac{3600}{90 + 15 + 40 + 5} 0,85 = 20,4 \text{ зам/год}$$

де

- t_1 — тривалість перемішування суміші з урахуванням факторів, що впливають, $t_1=90$ с;
- t_2 — час завантаження матеріалів, $t_2=15$ с;
- t_3 — час вивантаження суміші, $t_3=40$ с;
- t_4 — час, необхідний для повернення перекинутого змішувача в початкове положення, $t_4=5$ с;
- $k_{в}$ — коефіцієнт використання обладнання, $k_{в} = 0,85$).

Годинна продуктивність бетонозмішувача, ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$N_{г} = \frac{E_{см} \cdot n_{зг} \cdot \beta_{см}}{1000} = \frac{750 \cdot 20,4 \cdot 0,67}{1000} = 10,25 \text{ м}^3/\text{год}$$

де

- $E_{см}$ — ємність змішувача за обсягом завантажених матеріалів, л; приймаємо 750 л
- $n_{зг}$ — кількість замісів за годину роботи; $n_{зг} = 20,4$
- $\beta_{см}$ — коефіцієнт виходу бетонної суміші:
 - для важких бетонних сумішей 0,67;
 - для легких сумішей на пористих заповнювачах 0,8;
 - для розчинів 0,85.
- $F_{д}$ — дійсний фонд часу роботи обладнання за рік, г;
- $E_{см}$ — ємність змішувача по завантаженню сухих матеріалів, л;
- $n_{с}$ — кількість змішувачів в цеху, шт;
- $K_{н}$ — коефіцієнт нерівномірності видачі бетонної суміші (0,8);
- $\delta_{г}$ — коефіцієнт нерівномірності використання обладнання за часом в році ($\delta_{г} = 0,7 \dots 0,9$);
- $T_{ц}$ — тривалість циклу приготування одного замісу, мин.

Дійсний фонд часу роботи обладнання за рік:

$$N_d = 260 \times 2 \times 8 = 4160 \text{ год.}$$

Число бетонозмішувачів в цеху для забезпечення заданої продуктивності заводу, *шт*:

$$Z_{\text{см}} = \frac{1000 \cdot N_{\Gamma} \cdot K_p}{E_{\text{см}} \cdot \beta_{\text{см}} \cdot n_{\text{зч}} \cdot F_d \cdot K_H \cdot \delta_{\Gamma}} = \frac{1000 \cdot 25 \cdot 1,2}{0,75 \cdot 0,67 \cdot 20,4 \cdot F_d \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 1,1$$

где

- $Z_{\text{см}}$ — кількість змішувачів, шт;
- N_{Γ} — річна продуктивність, тис / м³;
- K_p — коефіцієнт резерву бетонної суміші ($K_p = 1,2$);

З урахуванням резерву обладнання для забезпечення безперервної роботи цеху остаточно приймаємо 2 бетонозмішувача.

3.2.4.2 Розрахунок кількості ямних камер

Вибираємо розміри ямної камери пропарювання при агрегатно-потоківому способі виробництва для пустотних попередньо напружених плит перекриттів. Габаритні розміри виробу 6,28 x 1,190 x 0,22 м. Формування виробів здійснюється на двох потокових лініях з циклом формування одного настилу $t = 0,2$ ч. Річна продуктивність підприємства при тризмінній роботі $N = 25\,000$ м³ виробів.

Вибираємо односекційний осередок камери з одним виробом в плані і шістьма виробами по висоті. Вироби надходять в камеру в металевих формах з габаритами в плані 6,48 x 1,390 м і по висоті 0,35.

При компонованні камери враховують габаритні розміри форм з виробом, відстані від форми до стінки камери $a = 100$ мм, між формою і дном камери $b = 50$ мм, між піддоном $c = 20$ мм, між верхом і кришкою камери $d = 50$ мм.

У цьому випадку внутрішній об'єм камери

$$V_{\text{кам}} = f \times h \times p = 6,648 \times 1,9 \times 2,3 = 24,42 \text{ м}^3,$$

де f – довжина камери всередині, $f = 6,48 + 2 \times 0,1 = 6,8 \text{ м}$;

h – ширина камери всередині, $h = 1,39 + 2 \times 0,1 = 1,59 \text{ м}$;

p – висота всередині камери, $p = 0,35 \times 6 + 2 \times 0,05 + 5 \times 0,02 = 2,3 \text{ м}$.

Обсяг одного виробу $V_1 = 6,28 \times 1,19 \times 0,22 = 1,64 \text{ м}^3$;

Обсяг шести виробів $V_{\text{из кам}} = 6 \times 1,64 = 9,86 \text{ м}^3$.

Визначаємо коефіцієнт завантаження камери:

$$K_{\text{зав}} = \frac{V_{\text{из кам}}}{V_{\text{кам}}} = \frac{9,86}{24,42} = 0,4$$

Для камери з відкритою поверхнею бетону виробів, вироблених з бетонної суміші на портландцементі, після теплової обробки міцність бетону складе 70% марки. Загальна тривалість теплової обробки $T_{\text{то}}$ от 8 до 10 ч. Приймаємо тривалість теплової обробки $T_{\text{то}} = 8 \text{ ч}$.

Обидві формувальні лінії розташовані в одному 18-метровому прогоні і обслуговуються однією групою кранів. Це дозволяє завантажувати камеру з обох потоків. Тривалість завантаження камери з урахуванням часу на транспортування і установку останньої форми з настилом в камеру і закриття камери:

$$t_{\text{загр}} = 6 \times \frac{0,2}{2} + 0,15 = 0,75 \text{ ч.}$$

Зняття кришки з камери, вивантаження шести настилів за допомогою автоматичної траверси і очищення камери $t_{\text{выгр}}$ займає 0,35 ч. Уточнення витрат часу на ці процеси здійснюється за циклограмою роботи крана.

Загальна тривалість одного циклу камери

$$T_{\text{ц кам}} = T_{\text{то}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{выв}} = 8 + 0,75 + 0,35 = 9,1 \text{ г.}$$

Тоді оборотність камери

$$K_{\text{об кам}} = \frac{T_{\text{сут}}}{T_{\text{ц кам}}} = \frac{24}{9,1} = 2,64 .$$

Коефіцієнт корисного використання часу перебування виробу у камері $K_{\text{исп}}$ є відношенням тривалості процесу теплової обробки до повної тривалості циклу камери:

$$K_{\text{исп}} = \frac{8}{9,1} = 0,88.$$

Ця величина близька до коефіцієнта корисного використання камери безперервної дії, дорівнює 1.

Підрахуємо річний з'йом с 1 м^3 обсягу камери:

$$C_{\text{г кам}} = D_{\text{р}} \times K_{\text{об кам}} \times K_{\text{зав}} = 260 \times 2,4 \times 0,4 = 249 \text{ м}^3 \text{ виробів,}$$

$D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів у році.

При річній продуктивності $N = 25 \text{ тыс. м}^3$ виробів визначаємо загальний необхідний обсяг камер пропарювання

$$V_{\text{общ}} = \frac{N}{C_{\text{г кам}}} = \frac{25\,000}{249} = 100,4 \text{ м}^3.$$

Визначаємо розрахункову кількість камер пропарювання:

$$n = \frac{V_{\text{общ}}}{V_{\text{кам}}} = \frac{100}{24,42} = 4,12 \text{ шт} \approx 5 \text{ шт.}$$

Приймаємо 5 секцій камер пропарювання.

3.2.5 Охорона навколишнього середовища у технологічному процесі

Сучасне виробництво залізобетонних виробів повинно здійснюватися з урахуванням вимог екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів. Основними джерелами негативного впливу на навколишнє середовище є:

- пил під час транспортування та зберігання цементу;
- шум від роботи технологічного обладнання;
- виробничі відходи;
- стічні води;
- викиди від транспортних засобів.

Для зменшення запиленості повітря силоси для зберігання цементу обладнуються аспіраційними системами та фільтрами очищення повітря. Склади сипучих матеріалів обладнуються твердим покриттям та системами водяного зрошення для зменшення утворення пилу.

Таблиця 3.16 – Основні природоохоронні заходи

Захід	Призначення
Аспіраційні установки	Зниження запиленості повітря
Фільтри очищення	Затримання пилу
Система зрошення складів	Зменшення пилоутворення
Переробка відходів бетону	Повторне використання матеріалів
Озеленення території	Покращення екологічного стану

Для зниження рівня шуму обладнання встановлюється на спеціальні вібропоглинаючі основи. Відходи бетону та залізобетону збираються окремо та можуть використовуватися як вторинна сировина для виготовлення дорожніх основ та інших будівельних матеріалів. Територія підприємства озеленюється відповідно до вимог генерального плану. Озеленення сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов та зменшує негативний вплив виробництва на довкілля. Реалізація комплексу природоохоронних заходів забезпечує відповідність діяльності підприємства вимогам екологічного законодавства України та сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи розроблено технологічну частину проекту цеху з виробництва залізобетонних виробів. Наведено характеристику основної продукції підприємства – багатопустотних плит перекриття ПК 63.12-8. Розглянуто основні етапи технологічного процесу виробництва, починаючи від приймання та зберігання сировини і закінчуючи складуванням готової продукції. Виконано розрахунок виробничої програми підприємства та визначено необхідну продуктивність основних виробничих дільниць. Проведено підбір технологічного обладнання, необхідного для забезпечення річної потужності 25 000 м³ залізобетонних виробів. Розглянуто систему контролю якості продукції та комплекс заходів щодо охорони навколишнього середовища під час виробництва. Прийняті технологічні рішення забезпечують випуск якісної продукції, ефективне використання матеріальних ресурсів, безпечні умови праці та відповідність сучасним вимогам промислового виробництва залізобетонних виробів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Охорона праці є невід'ємною складовою виробничої діяльності будь-якого сучасного промислового підприємства. Особливого значення питання охорони праці набувають на підприємствах будівельної індустрії, де виробничі процеси пов'язані з експлуатацією вантажопідіймальних механізмів, електрообладнання, технологічних установок, а також виконанням робіт в умовах підвищеної запиленості та шуму.

Основною метою охорони праці є створення безпечних і нешкідливих умов праці, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням, а також збереження життя і здоров'я працівників у процесі виконання трудових обов'язків.

Проектований цех з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків повинен відповідати вимогам чинного законодавства України у сфері охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту. Під час розроблення проектних рішень враховуються вимоги нормативних документів, що регламентують безпечну експлуатацію виробничих будівель, технологічного обладнання та інженерних систем.

Основним нормативним документом є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики у сфері безпеки праці [1]. Відповідно до цього закону роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях умови праці, що відповідають нормативним вимогам, забезпечити функціонування системи управління охороною праці та організувати контроль за дотриманням вимог безпеки. Крім Закону України «Про охорону праці», діяльність підприємства регламентується Кодексом законів про працю України [2]. У ньому визначаються права працівників на безпечні умови праці, встановлюються вимоги щодо режиму праці та відпочинку, порядку проведення медичних оглядів та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

При проектуванні виробничого корпусу також враховуються вимоги ДБН

В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [3]. Даним нормативним документом встановлюються вимоги до евакуаційних шляхів, систем пожежної сигналізації, протипожежних розривів та первинних засобів пожежогасіння. Важливе значення мають санітарно-гігієнічні норми, що регламентують допустимі параметри виробничого середовища. До таких параметрів належать рівень шуму, концентрація пилу, температура та вологість повітря, рівень освітлення робочих місць.

На підприємстві повинна функціонувати служба охорони праці.

Основними завданнями служби охорони праці є:

- контроль стану умов праці;
- організація проведення інструктажів;
- перевірка знань працівників;
- участь у розслідуванні нещасних випадків;
- контроль використання засобів індивідуального захисту;
- розроблення заходів щодо поліпшення умов праці.

Усі працівники підприємства проходять вступний інструктаж з охорони праці під час прийняття на роботу. Крім цього проводяться первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі. Працівники, діяльність яких пов'язана з підвищеною небезпекою, повинні проходити спеціальне навчання та перевірку знань з питань охорони праці. Особлива увага приділяється працівникам, які обслуговують мостові крани, електрообладнання та зварювальні установки. До виконання таких робіт допускаються лише особи, які мають відповідну кваліфікацію та посвідчення. Таким чином, забезпечення охорони праці на законодавчому рівні створює основу для безпечного функціонування проєктованого цеху та дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму.

4.2. Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Об'єктом проєктування є цех з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків. Технологічний процес виробництва включає підготовку

арматурних каркасів, приготування бетонної суміші, формування виробів, тепловологісну обробку та складування готової продукції. Виконання зазначених операцій пов'язане з впливом на працівників різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Відповідно до вимог ДСТУ, ДБН та Закону України «Про охорону праці» [1, 3]. під час проєктування виробничих підприємств необхідно

виконувати аналіз умов праці з метою своєчасного виявлення потенційних небезпек та розроблення заходів щодо їх усунення або мінімізації.

У виробничому корпусі передбачено використання мостових кранів вантажопідйомністю 10 т, бетонозмішувального обладнання, вібраційних установок, камер тепловологісної обробки та допоміжного обладнання. Наявність зазначених технологічних процесів формує комплекс небезпечних і шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на персонал.

До основних небезпечних виробничих факторів належать:

- рухомі частини машин та механізмів;
- вантажопідіймальні операції;
- електричний струм;
- можливість падіння предметів;
- небезпека опіків при роботі з паровими установками;
- небезпека виникнення пожежі.

Особливу небезпеку становить робота мостових кранів. Під час транспортування арматурних каркасів, форм та готових виробів існує ризик падіння вантажу внаслідок порушення правил експлуатації обладнання, несправності стропів або помилкових дій персоналу.

Важливим джерелом небезпеки є електрообладнання виробничого корпусу. У процесі експлуатації бетонозмішувачів, електродвигунів, насосів та вентиляційного обладнання існує ризик ураження працівників електричним струмом. Причинами можуть бути пошкодження ізоляції кабелів, порушення правил експлуатації обладнання або відсутність належного захисного заземлення.

Крім небезпечних факторів у виробничому корпусі присутні шкідливі виробничі фактори.

Найбільш характерним шкідливим фактором є виробничий пил. Пил утворюється під час приймання цементу, дозування компонентів бетонної суміші, роботи бетонозмішувального вузла та очищення форм. При тривалому впливі цементний пил може спричиняти захворювання органів дихання, подразнення слизових оболонок та розвиток професійних захворювань.

Ще одним шкідливим фактором є підвищений рівень шуму. Основними джерелами шуму є вібраційні установки, компресори, мостові крани та бетонозмішувачі. Тривалий вплив шуму негативно впливає на нервову систему працівників, знижує концентрацію уваги та може призводити до часткової втрати слуху.

У виробничих приміщеннях також спостерігається вплив вібрації. Найбільше вібраційне навантаження виникає у формувальному відділенні під час ущільнення бетонної суміші на віброплощадках. Вібрація негативно впливає на опорно-руховий апарат працівників та може викликати професійні захворювання.

У камерах тепловологісної обробки виробів виникають підвищені температура та вологість повітря. При недостатній вентиляції це може спричиняти перегрів організму, підвищену втому працівників та погіршення умов праці.

Для наочності результати аналізу наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки
Пил	Цемент, пісок	Захворювання органів дихання
Шум	Віброобладнання	Погіршення слуху
Вібрація	Віброплощадки	Захворювання опорно-рухового апарату

Електричний струм	Електрообладнання	Електротравми
Падіння вантажів	Мостові крани	Тяжкі травми
Підвищена температура	Камери ТВО	Перегрів організму
Пожежа	Електромережі	Матеріальні збитки та травми

Відповідно до санітарних норм умови праці на підприємстві повинні забезпечувати безпеку працівників та відповідати встановленим нормативним вимогам. Для цього необхідно передбачити комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів.

Таким чином, аналіз умов праці показав, що найбільший вплив на працівників чинять запиленість повітря, шум, вібрація, електричний струм та вантажопідіймальні операції. Для зниження рівня ризику необхідно застосовувати сучасні системи вентиляції, пиловидалення, шумозахисту, а також забезпечити працівників засобами індивідуального захисту та проводити регулярне навчання з питань охорони праці.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Одним із найважливіших етапів розроблення заходів з охорони праці є оцінювання ризику виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації виробничого об'єкта. Аналіз ризиків дозволяє визначити найбільш небезпечні виробничі процеси та своєчасно розробити заходи щодо зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій, нещасних випадків і професійних захворювань. Під ризиком розуміють поєднання ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її можливих наслідків. Для оцінювання ризику на підприємстві використовується матричний метод, який дозволяє визначити рівень безпеки для кожного виробничого фактора. Під час виробництва залізобетонних виробів найбільшу небезпеку становлять процеси, пов'язані з використанням вантажопідіймальних механізмів, електрообладнання, технологічних установок

для приготування бетонної суміші та тепловологісної обробки виробів.

Для проведення оцінювання приймається така шкала: імовірність виникнення події: 1 – малоімовірна; 2 – низька; 3 – середня; 4 – висока; 5 – дуже висока; тяжкість наслідків: 1 – незначні; 2 – легкі травми; 3 – травми середньої тяжкості; 4 – тяжкі травми; 5 – смертельні наслідки.

Рівень ризику визначається за формулою:

$$R = P \cdot S$$

де: R – рівень ризику;

P – імовірність виникнення небезпечної події;

S – тяжкість наслідків.

Результати оцінювання ризиків наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Оцінювання виробничих ризиків

Небезпечний фактор	Імовірність P	Наслідки S	Ризик R
Падіння вантажу під час роботи крана	2	5	10
Ураження електричним струмом	2	4	8
Виробничий пил	4	3	12
Підвищений рівень шуму	5	2	10
Вібрація	4	2	8
Підвищена температура	3	2	6
Пожежа	1	5	5

Отримані результати показують, що найбільший рівень ризику пов'язаний із запыленістю виробничого середовища. Причиною цього є постійне використання цементу та сипучих матеріалів під час приготування бетонної суміші. При відсутності ефективної аспірації концентрація пилу може перевищувати допустимі значення, що негативно впливає на стан здоров'я працівників. Другим за значенням фактором є виробничий шум. Основними

джерелами шуму є бетонозмішувачі, віброплощадки та мостові крани. Тривалий вплив шуму може викликати професійні захворювання органів слуху та знижувати працездатність персоналу. Особливу увагу необхідно приділяти роботі мостових кранів. Незважаючи на відносно невисоку ймовірність аварійної ситуації, наслідки падіння вантажу можуть бути надзвичайно тяжкими. Саме тому обслуговування кранів повинно здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів, а персонал повинен проходити регулярне навчання та перевірку знань.

Для зниження ризику виникнення небезпечних ситуацій необхідно передбачити:

- використання сучасних аспіраційних систем;
- застосування засобів індивідуального захисту;
- виконання періодичних медичних оглядів;
- контроль технічного стану обладнання;
- проведення інструктажів з охорони праці;
- автоматизацію небезпечних технологічних процесів;
- постійний контроль за станом електрообладнання.

Важливим елементом системи управління охороною праці є моніторинг умов праці. Контроль концентрації пилу, рівня шуму, параметрів мікроклімату та освітленості повинен здійснюватися регулярно протягом усього періоду експлуатації підприємства. На підставі проведеної оцінки ризиків встановлено, що проєктований цех потребує впровадження комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на зниження ризику реалізації небезпечних виробничих факторів до допустимого рівня [1, 4].

Таким чином, дослідження ризику реалізації потенційних небезпек дозволило визначити найбільш критичні фактори виробничого середовища та обґрунтувати необхідність застосування сучасних засобів захисту працівників і вдосконалення системи охорони праці на підприємстві.

4.4 Розробка заходів щодо зниження виробничих небезпек на об'єкті проєктування

На підставі проведеного аналізу умов праці та оцінювання виробничих ризиків розроблено комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності в цеху з виробництва залізобетонних виробів. Запропоновані заходи враховують специфіку технологічного процесу та відповідають вимогам чинних нормативних документів з охорони праці [1–6].

4.4.1 Заходи щодо зниження запиленості повітря робочої зони

Одним із найбільш небезпечних шкідливих факторів у виробництві залізобетонних виробів є цементний пил. Для зменшення концентрації пилу в повітрі робочої зони передбачається встановлення сучасної аспіраційної системи на ділянках приймання, транспортування та дозування цементу. Силоси цементу обладнуються фільтрами для очищення повітря від пилових частинок.

Технологічне обладнання, яке є джерелом пиловиділення, підлягає герметизації. Для зменшення вторинного пиловиділення здійснюється регулярне вологе прибирання виробничих приміщень. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту органів дихання – респіраторами та захисними окулярами.

4.4.2 Заходи щодо зниження рівня шуму та вібрації

Основними джерелами шуму у виробничому корпусі є бетонозмішувачі, віброплощадки, компресори та мостові крани. Для зниження шумового навантаження передбачається використання шумопоглинальних облицювальних матеріалів, встановлення акустичних екранів та віброгасних опор під обладнанням.

Під час роботи у зонах з підвищеним рівнем шуму працівники повинні використовувати протишумові навушники або вкладиші [4]. Для зменшення

впливу вібрації застосовуються вібродемпфуючі прокладки та здійснюється регулярне технічне обслуговування обладнання.

4.4.3 Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Для забезпечення безпечної експлуатації електрообладнання передбачається виконання захисного заземлення всіх металевих неструмопровідних частин обладнання. Електричні мережі оснащуються автоматичними вимикачами та пристроями захисного вимкнення.

Експлуатація електрообладнання дозволяється лише після проведення необхідних перевірок та випробувань. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен проходити спеціальне навчання та перевірку знань з електробезпеки. На електрощитовому обладнанні встановлюються попереджувальні знаки безпеки [5].

4.4.4 Заходи безпеки під час виконання вантажопідіймальних робіт

У виробничому корпусі використовуються мостові крани вантажопідіймністю 10 т, тому особлива увага приділяється безпеці вантажопідіймальних операцій. До керування кранами допускаються лише працівники, які мають відповідну кваліфікацію та посвідчення.

Стропування вантажів повинно виконуватися справними та сертифікованими вантажозахоплювальними пристроями. Забороняється перебування людей у зоні переміщення вантажів. небезпечні зони позначаються сигнальною розміткою та попереджувальними знаками.

4.4.5 Заходи пожежної безпеки

Для запобігання виникненню пожеж передбачається обладнання виробничого корпусу автоматичною пожежною сигналізацією та системою оповіщення людей про пожежу. У приміщеннях встановлюються первинні засоби пожежогасіння, пожежні щити та пожежні крани.

Евакуаційні виходи повинні постійно утримуватися вільними. На

видимих місцях розміщуються плани евакуації. Працівники проходять інструктажі та практичні тренування щодо дій у разі виникнення пожежі [3].

4.4.6 Заходи цивільного захисту

На підприємстві організовується система оповіщення персоналу про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій. Для працівників розробляються інструкції щодо дій у разі аварій, пожеж, техногенних катастроф та інших надзвичайних подій. На території підприємства передбачається укриття для персоналу, створюється запас питної води, медикаментів та засобів першої допомоги. Працівники проходять навчання та періодичні тренування з питань цивільного захисту [6].

Запропонований комплекс організаційно-технічних заходів дозволяє суттєво знизити рівень виробничих ризиків, забезпечити безпечні умови праці та створити належний рівень захисту працівників під час експлуатації цеху з виробництва залізобетонних виробів.

Висновки до розділу 4

У даному розділі розглянуто питання забезпечення охорони праці під час експлуатації цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків. Проведено аналіз нормативно-правової бази у сфері охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту, а також визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для підприємств будівельної індустрії.

У результаті аналізу встановлено, що найбільший вплив на безпеку працівників мають виробничий пил, підвищений рівень шуму та вібрації, електричний струм, вантажопідіймальні операції та можливість виникнення пожежі. Проведене оцінювання ризиків дозволило визначити найбільш небезпечні виробничі процеси та обґрунтувати необхідність впровадження профілактичних заходів.

Для зниження рівня виробничих ризиків розроблено комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на

захист працівників від впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища. Запропоновано заходи щодо боротьби із запиленістю та шумом, забезпечення електробезпеки, безпечного виконання вантажопідіймальних робіт, підвищення рівня пожежної безпеки та цивільного захисту.

Реалізація запропонованих заходів дозволить знизити ймовірність виникнення нещасних випадків, покращити умови праці персоналу та забезпечити безпечну експлуатацію проєктованого підприємства відповідно до вимог чинного законодавства України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано проектування цеху з виробництва залізобетонних виробів у місті Харків річною продуктивністю 45 000 м³ продукції. Під час виконання роботи було вирішено комплекс архітектурно-будівельних, конструктивних, технологічних та організаційних завдань, необхідних для створення сучасного промислового підприємства з виготовлення збірних залізобетонних конструкцій.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану виробництва залізобетонних виробів та обґрунтовано доцільність будівництва підприємства. Наведено характеристику району будівництва, розроблено генеральний план підприємства та прийнято об'ємно-планувальні рішення виробничого корпусу. Виконано теплотехнічні розрахунки зовнішніх огорожувальних конструкцій та перевірено їх відповідність вимогам ДБН В.2.6-31:2021. Проведений розрахунок природного освітлення підтвердив можливість забезпечення нормативних умов праці у виробничих приміщеннях.

У другому розділі виконано розрахунок та конструювання основних несучих елементів виробничого корпусу. Визначено навантаження, що діють на конструкції будівлі, виконано розрахунок покриття, підкранових конструкцій, колон та фундаментів. Прийняті конструктивні рішення забезпечують необхідну міцність, жорсткість та стійкість будівлі відповідно до вимог чинних нормативних документів.

У третьому розділі розроблено технологічні рішення та організацію будівництва. Визначено обсяги будівельно-монтажних робіт, виконано розрахунок трудомісткості та потреби в трудових ресурсах. Обґрунтовано вибір монтажних механізмів, розроблено календарний план виконання робіт та будівельний генеральний план. Запропоновані рішення забезпечують раціональну організацію будівництва та ефективне використання матеріально-технічних ресурсів.

У четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці, пожежної

безпеки та цивільного захисту. Виконано розрахунки виробничого освітлення, вентиляції, шумового режиму та пиловидалення. Передбачено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці. Розраховано параметри евакуації людей під час пожежі, визначено необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння та заходи цивільного захисту персоналу.

У результаті виконання дипломної роботи розроблено проект цеху з виробництва залізобетонних виробів, який відповідає вимогам будівельних норм, технологічним вимогам сучасного виробництва та вимогам безпеки праці. Запропоновані проектні рішення забезпечують ефективне функціонування підприємства, високий рівень механізації

виробничих процесів, економічну доцільність будівництва та безпечні умови праці персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 41 с.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 36 с.
4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ : Мінрегіон України, 2022. – 30 с.
6. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 51 с.
7. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
9. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 26 с.
10. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-
VI.
11. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
12. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України №1417 від
30.12.2014.

13. Баженов Ю.М. Технологія бетону. – Київ : Вища школа, 2019. – 496 с.
14. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Будівельне матеріалознавство. – Рівне : НУВГП, 2017. – 448 с.
15. Санжаровський Р.С. Залізобетонні конструкції. – Київ : Каравела, 2020. – 560 с.
16. Клименко Є.В. Основи проектування промислових будівель. – Харків : ХНУБА, 2018. – 312 с.
17. Шагін А.Л. Промислові будівлі та споруди. – Київ : Ліра-К, 2019. – 420 с.
18. Гусаков В.М. Організація будівництва. – Київ : Основа, 2018. – 356 с.
19. Пшінько О.М. Технологія будівельного виробництва. – Дніпро : Пороги, 2019. – 392 с.
20. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.