

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну  
(повне найменування факультету)

Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ПРОЄКТ ЗВЕДЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНОЇ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ В  
ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ З ОПТИМІЗАЦІЄЮ РОЗРОБКИ ПРОЄКТНОЇ  
ДОКУМЕНТАЦІЇ

PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF AN APARTMENT BUILDING IN THE  
KHARKIV REGION WITH OPTIMIZATION OF THE DEVELOPMENT OF DESIGN  
DOCUMENTATION

Виконав: студент ІІ курсу, групи БАД-114м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

СКАЧКОВ Р.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник БОБРАКОВ А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ЖВАН В.Д.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну

Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами

Ступінь вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В. о. завідувача кафедри БВУП**

**к.т.н., доцент Олексій НАЗАРЕНКО**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

СКАЧКОВ Родіон Олексійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект зведення багатоквартирної житлової будівлі в Харківській області з оптимізацією розробки проектної документації. Project for the construction of an apartment building in the Kharkiv region with optimization of the development of design documentation

керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент БОБРАКОВ Анатолій Анатолійович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «\_\_\_\_\_» жовтня 2025 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 11 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, інженерно-геологічні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Економіка будівництва. 5. Охорона праці та цивільна безпека. 6. Науково-дослідний розділ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Слайди презентації, графічний матеріал 9 аркушів А1 роздруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Економіка будівництва	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	ЯКІМЦОВ Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Нормоконтролер	БОБРАКОВ А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» жовтня 2025 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	2-3 тижні	Розділ 1
3	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	3-5 тижні	Розділ 2
4	Прийняття організаційно-технологічних рішень	5-6 тижні	Розділ 3
5	Розробка економічної частини роботи	7 тиждень	Розділ 4
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	8 тиждень	Розділ 5
7	Виконання науково-дослідної частини	9-10 тиждень	Розділ 6
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	11 тиждень	
9	Оформлення графічної частини	12-13 тиждень	Розділи 1-5
10	Нормоконтроль та рецензування	13-14 тиждень	
11	Перевірка на плагіат	15 тиждень	
12	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Родіон СКАЧКОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Анатолій БОБРАКОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра: 120 с., 14 табл., 12 рис., 1 дод., 40 джерел.

**Структура та обсяг роботи.** Робота є науковим дослідженням, присвяченим методології систематизації управлінських рішень для оптимізації процесу розробки проєктної документації. Об'єктом аналізу є проєкт будівництва багатоквартирної дев'ятиповерхової житлової будівлі у Харківській області. Дослідження охоплює шість основних розділів: архітектурний, конструктивний, організаційно-технологічний, економічний, розділ охорони праці та науково-дослідницький.

**Методи дослідження** – Робота базується на використанні аналітичних, системних і математичних методів. Застосовано елементи теорії ймовірностей, математичної статистики та системного аналізу, а також моделі оптимізації для оцінювання надійності організаційно-технологічних процесів. Використані підходи дозволяють формалізувати взаємодію факторів, що впливають на хід будівництва, та оцінити ефективність впровадження моделей управління.

**Об'єкт дослідження** – дев'ятиповерхова житлова будівля у Харківській області.

**Предмет дослідження** – систематизації управлінських рішень шляхом інтеграції системи контролю виробництва для оптимізації процесу розробки проєктної документації в умовах цифрової трансформації будівництва.

**Актуальність теми** зумовлена тим, що цифрова трансформація будівельної галузі потребує переходу від традиційних ієрархічних моделей управління до систем, здатних забезпечити оперативний контроль, прозорість даних і своєчасну корекцію рішень. В умовах нестабільності, ресурсних обмежень та високої змінності виробничих процесів інтеграція цифрових платформ, BIM-технологій та аналітичних систем у контур проєктування дозволяє підвищити точність, узгодженість і ефективність розробки проєктної документації, зменшити ризики відхилень та забезпечити стабільність реалізації будівельного проєкту.

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ, УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ, СИСТЕМА ВИРОБНИЧОГО КОНТРОЛЮ, ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, BIM

## ABSTRACT

**Explanatory note to the master's thesis:** 120 pages, 14 tables, 12 figures, 1 appendix, 40 sources.

**Structure and Scope of Work.** The thesis is a scientific study focused on the methodology of systematizing managerial decisions to optimize the process of developing project documentation. The object of analysis is the construction project of a nine-storey residential building located in the Kharkiv region. The research includes six main sections: architectural, structural, organizational-technological, economic, occupational safety, and research section.

**Research Methods.** The work is based on analytical, system and mathematical methods. The study applies elements of probability theory, mathematical statistics and systems analysis, as well as optimization models used to assess the reliability of organizational and technological processes. These approaches make it possible to formalize the interaction of factors affecting the construction process and evaluate the effectiveness of implementing adaptive management models.

**Object of research.** A nine-storey residential building in the Kharkiv region.

**Subject of research.** Systematization of managerial decisions through the integration of a production control system to optimize the development of project documentation under conditions of digital transformation in construction.

**The relevance is determined** by the fact that the digital transformation of the construction industry requires a shift from traditional hierarchical management models to adaptive systems capable of providing operational control, data transparency and timely correction of decisions. Under conditions of instability, resource constraints and high variability of production processes, the integration of digital platforms, BIM technologies and analytical systems into the design workflow increases the accuracy, consistency and efficiency of project documentation development, reduces the risks of deviations and ensures project stability.

DIGITAL TRANSFORMATION, CONSTRUCTION MANAGEMENT, PRODUCTION CONTROL SYSTEM, PROJECT DOCUMENTATION OPTIMIZATION, BIM

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....	9
1.1 Генеральний план ділянки будівництва .....	9
1.2 Загальний опис архітектурних рішень .....	10
1.3 Опис об'ємно-планувальних рішень .....	12
1.4 Конструктивні рішення .....	13
1.5 Інженерна оснащення будівлі .....	17
1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій .....	20
1.7 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі ..	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ .....	26
2.1 Розрахунок багатопустотної плити перекриття .....	26
2.1.1 Загальна інформація щодо розрахунку. Збір навантажень .....	26
2.1.2 Розрахунок плити по нормальним напруженням .....	30
2.1.3 Визначення необхідності поперечного армування .....	32
2.1.4 Розрахунок попереднього напруження .....	33
2.1.5 Конструювання багатопустотної плити перекриття .....	37
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	39
3.1 Інформація щодо ділянки будівництва .....	39
3.2 Визначення обсягів БМР .....	41
3.3 Розрахунок баштового крану для виконання БМР .....	43
3.4 Технологічна карта на влаштування цегляної кладки .....	45
3.5 Календарне планування будівництва .....	50
3.6 Проектування будівельного генерального плану .....	52
3.6.1 Розрахунок площі тимчасових складів .....	53
3.6.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд .....	55
3.6.3 Розрахунок потреби у водопостачанні .....	56
3.6.4 Визначення потреби в електропостачанні .....	60
3.6.5 Перелік техніко-економічних показників БГП .....	62

	7
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА.....	64
4.1 Розрахунок вартості загальнобудівельних робіт .....	64
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ .....	66
5.1 Загальні положення з техніки безпеки .....	66
5.2 Пожежна безпека на будівельному майданчику .....	70
5.3 Охорона праці при роботі на майданчиках з баштовим краном ....	73
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ.....	77
6.1 Оптимізація управлінських рішень через інтеграцію системи контролю виробництва в умовах цифрової трансформації будівництва .....	77
6.2 Цифрове середовище і його роль у формуванні гнучкої архітектури управлінських рішень .....	85
6.2.1 Логіка впровадження адаптивної системи контролю .....	91
6.2.2 Потенційні ризики та виклики інтеграції .....	95
6.2.3 Моделювання ефективності розробки проєктної документації в умовах цифрової трансформації.....	98
6.3 Очікувані результати та ефекти від інтеграції. ....	101
ВИСНОВКИ.....	108
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	109
Додаток А.....	113

## ВСТУП

Житлове будівництво відіграє ключову роль у соціально-економічному розвитку країни та регіонів. В умовах постійних змін, зокрема післявоєнного відновлення, важливість забезпечення населення якісним, комфортним та доступним житлом стає особливо актуальною.

Актуальність цього дипломного проекту зумовлена необхідністю впровадження інноваційних підходів у процес розробки проектної документації та оптимізації управлінських рішень у будівництві. З огляду на сучасні вимоги до енергоефективності, надійності та екологічної безпеки, особливо в умовах цифрової трансформації, необхідно створювати моделі, що дозволяють підвищити ефективність і точність розробки проектів. Проект спрямований на удосконалення процесу створення проектної документації, а також на покращення управлінських рішень, що забезпечують ефективність будівельного процесу.

Метою дослідження є розробка моделі для оптимізації процесу розробки проектної документації в будівництві, зокрема для проектів житлових будівель, що відповідають вимогам сучасних стандартів і технологій. В рамках цього проекту була розглянута методологія систематизації управлінських рішень, впровадження управлінських систем та використання BIM-технологій для покращення якості документації і підвищення ефективності розробки.

Розроблена модель є прикладом використання цифрових технологій для оптимізації будівельних процесів, що дозволяє досягти більш високих результатів у розробці проектів житлових будівель. Дослідження має на меті не тільки вдосконалення теоретичних підходів до проектування, але й забезпечення практичного застосування отриманих результатів у реальних умовах будівництва..

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

### 1.1 Генеральний план ділянки будівництва

Ділянка, призначена для будівництва житлового будинку, розташована на території Харківської області. Рельєф місцевості рівний, що забезпечує сприятливі умови для забудови. Стік атмосферних опадів організований по спланованій поверхні з відведенням води за межі ділянки.

Перелік запроєктованих об'єктів на генеральному плані наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік об'єктів на генеральному плані

№	Елемент генерального плану	Площа, м <sup>2</sup>
1	Житлова дев'ятиповерхова будівля	768,86
2	Рекреаційні зони	296,34
3	Майданчики для сушіння білизни	24,00
4	Дитячі майданчики	98,36
5	Автостоянка для мешканців	465,36

Ділянка межує з існуючою забудовою, під'їзди до об'єкта забезпечуються через діючі та запроєктовані дороги з асфальтобетонним покриттям. Вертикальне планування виконано з урахуванням природного ухилу рельєфу, що гарантує ефективне водовідведення від будівлі.

Територія озеленена відповідно до архітектурно-планувального рішення. Зелені насадження розміщено з урахуванням зон відпочинку, дитячих і господарських майданчиків, доріжок та проїздів.

На ділянках прокладання інженерних мереж передбачено газони й квітники. Добір рослин сприяє покращенню мікроклімату, зменшенню пилу та шуму, формує комфортне середовище для мешканців.

Внутрішньодворовий простір утворює цілісну композицію, об'єднуючи житлову будівлю з навколишньою забудовою. У дворі

передбачено дитячий ігровий комплекс, пісочницю, майданчики для сушіння білизни та чищення речей. Пішохідні доріжки шириною 2–2,5 м вимощені тротуарною плиткою.

Під'їзд для легкового та вантажного транспорту здійснюється внутрішньою дорогою шириною 5,5 м. Усі проїзди, тротуари та функціональні зони відповідають чинним будівельним нормам і стандартам.

## **1.2 Загальний опис архітектурних рішень**

Архітектурно-планувальне рішення будівлі базується на функціонально продуманій схемі, яка поєднує вимоги санітарних, протипожежних, містобудівних і техніко-економічних нормативів. Основний акцент зроблено на досягненні максимальної ефективності вертикальних комунікацій, раціональному використанні площі та зручності експлуатації споруди.

Перший поверх відведено під офісні приміщення, що забезпечує акустичну ізоляцію житлової частини від вуличного шуму та створює умови для розміщення елементів обслуговуючої інфраструктури поблизу житла. З другого по дев'ятий поверхи розташовані квартири різного типу.

Квартира розглядається як основна планувальна одиниця будівлі – просторово та функціонально об'єднана система приміщень, призначена для проживання однієї сім'ї. До складу квартир входять житлові кімнати та допоміжні приміщення: кухня, вітальня, ванна кімната, вбиральня, комора та інші побутові зони.

Планувальні рішення розроблено відповідно до діючих норм житлової площі, із забезпеченням раціонального використання простору. При цьому якість квартир оцінюється за такими основними критеріями:

- зручність просторової організації;
- наявність і достатні розміри допоміжних приміщень;
- доцільне інженерно-технічне оснащення;

– ефективна природна інсоляція та вентиляція.

Проектом передбачено такі планувальні принципи:

– Компактність квартир і мінімізація непродуктивних площ (коридорів, переходів);

– Забезпечення входу до житлових кімнат із передпокою;

– Вільне відкривання дверей без перешкод для руху;

Забезпечення природного освітлення та повітрообміну у всіх житлових і підсобних приміщеннях.

Кухонні приміщення запроєктовані як кухні-їдальні, придатні для приготування їжі та прийому їжі. Вони обладнані електроплитами, витяжною вентиляцією та мають природне освітлення. Санітарні вузли розміщені поряд із кухнями, що забезпечує оптимальне підведення інженерних комунікацій і зменшує довжину трубопроводів. До складу санвузлів входять ванна кімната та вбиральня, розташовані суміжно.

Житлові кімнати спроектовано ізольованими, з окремими входами з передпокою, що гарантує комфорт і приватність мешканців.

На типових поверхах (з другого по дев'ятий) передбачено три типи квартир – однокімнатні, двокімнатні та трикімнатні, розподіл яких наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Перелік типів квартир в будівлі

№	Тип квартири	Кількість кімнат	Загальна площа, м <sup>2</sup>
1	Трикімнатна квартира	3	69,90
2	Двокімнатна квартира	2	65,20
3	Однокімнатна квартира	1	41,15

### 1.3 Опис об'ємно-планувальних рішень

Проектована дев'ятиповерхова житлова споруда має компактну прямокутну форму в плані з розмірами  $24,72 \times 21,93$  м. Об'ємно-планувальне рішення включає підвальний рівень та технічний поверх, що розташований у зоні горища.

Технічний поверх висотою 2,4 м виконує функції обслуговування будівлі – у ньому розміщуються елементи інженерних систем і машинне відділення ліфтів.

Підвал, заввишки 2,9 м, поділений функціонально: частина використовується під допоміжні приміщення першого поверху, інша – під основні інженерні комунікації господарсько-побутового призначення. Вертикальні зв'язки між поверхами забезпечує незадимлювана сходовою клітка, спроектована відповідно до протипожежних вимог.

Для зручності пересування мешканців передбачено два ліфти: пасажирський вантажопідйомністю 400 кг та вантажопасажирський на 630 кг. У нижній частині шахт передбачено приямок глибиною 1,4 м, а у верхній частині техповерху розміщено машинне відділення висотою 2,0 м.

Система збору побутових відходів реалізована через сміттєпровід, який проходить усі поверхи будівлі. На рівні першого поверху розташована сміттєзбірна камера з окремим виходом на вулицю та захисним екраном, що розмежовує її з основним входом.

Головний вхід до будинку організований через тамбур висотою 2,7 м, який забезпечує теплоізоляцію приміщень першого поверху. Вихід на покрівлю виконується зі сходової клітки, що відповідає вимогам безпеки та експлуатації. Типовий поверх містить шість квартир різного планувального типу, розподілених симетрично для оптимального використання площі.

Природна вентиляція передбачена для кухонь і санітарних вузлів. Витяжні повітряні канали об'єднані у вертикальні шахти, що забезпечують сталий повітрообмін без використання механічного обладнання.

## 1.4 Конструктивні рішення

Проектована будівля виконана за безкаркасною конструктивною схемою, що забезпечує простоту зведення, надійність і довговічність споруди.

Фундаменти запроектовані у вигляді збірної системи, що складається з фундаментних плит шириною 1200 мм, на яких встановлюються фундаментні блоки шириною 600 мм. Блоки одночасно виконують функцію стін підвальної частини. Між фундаментною основою та стінами передбачено горизонтальну гідроізоляцію, яка складається з двох шарів:

1. бітумної мастики;
2. рулонного гідроізоляційного матеріалу типу гідроізол.

Стіни будівлі зведені з силікатної цегли марки М300 на цементно-піщаному розчині марки М75 із дотриманням системи перев'язки швів.

Товщина зовнішніх стін становить 640 мм;

Товщина внутрішніх несучих стін – 380 мм;

Перегородки виконані з тієї ж силікатної цегли товщиною 120 мм.



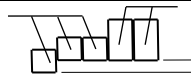


Над прорізами дверей і вікон передбачено встановлення залізобетонних перемичок.

Відомість та специфікація перемичок наведені в таблицях 1.3 і 1.4. Конструктивні елементи мають типорозміри 220×120 мм і 140×120 мм відповідно, що відповідає вимогам міцності та несучої здатності згідно з діючими нормативами.

Таблиця 1.3 – Відомість перемичок

Марка позиції	Схема перерізу	Марка позиції	Схема перерізу
ПР1		ПР6	
ПР2		ПР7	

Продовження таблиці 1.3

ПР3		ПР8	
ПР4		ПР9	
ПР5			

Таблиця 1.4 – Специфікація перемичок

№	Позначення	Назва	Кіл.	Маса, од., кг
1	1.038.1-1.1	2 ПБ 23-3-п	356	92
2	То же	3 ПБ 25-8-п	54	162
3	То же	2 ПБ 19-3-п	79	81
4	То же	3 ПБ 21-8-п	50	137
5	То же	2 ПБ 16-2-п	90	65
6	То же	3 ПБ 18-8-п	114	119
7	То же	2 ПБ 13-1-п	123	54

Перекриття запроєктовані із збірних багатопорожнинних залізобетонних плит товщиною 220 мм із круглими порожнинами діаметром 160 мм. Таке рішення забезпечує необхідну жорсткість, зменшення маси конструкцій та підвищення теплозвукоізоляційних характеристик будівлі.

Покриття виконано із збірних залізобетонних ребристих плит товщиною 300 мм, що забезпечують надійне сприйняття навантажень від покрівельних конструкцій та атмосферних впливів.

Сходові клітки складаються зі збірних залізобетонних маршів і майданчиків заводського виготовлення. Кут нахилу сходового маршу прийнято 1:1,75, що відповідає зручному кроку людини. Розміри сходових елементів становлять:

- проступь – 300 мм;
- підступок – 150 мм;
- майданчики –  $2,56 \times 1,48$  м.

Віконні та дверні блоки виконані з матеріалів, що відповідають сучасним енергоефективним вимогам. У проєкті передбачено:

- дерев'яні внутрішні двері;
- зовнішні двері та вікна з ПВХ-профілю з потрійним енергозберігаючим склінням.

Конструкції виготовляються згідно:

Двері у сходово-ліфтових вузлах виконані як самозакривні з притвором у чверть, що забезпечує протидимовий захист та відповідає вимогам пожежної безпеки.

Експлікація підлог наведена в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Експлікація підлог

Назва або номер приміщення за проектом	Тип підлоги за проектом	Схема підлоги чи номер вузла по серії	Елементи підлоги та їх товщина	Площа підлоги, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
Кухня, ванна кімната, туалет	1		Плитка керамічна – 20 мм Шар цементно-піщаного розчину М 200 – 15 мм Залізнична плита перекриття – 220 мм	728,12
Передпокій, загальна кімната, спальня	2		Ламінат - 10мм Прошарок з мастики, що клеїть – 1мм Стяжка із цементно-піщаного розчину марки 150 армована сіткою – 55мм 1 шар гідроізолу на прошарку з бітумної мастики – 5мм Звукоізоляційний шар із деревоволокнистої ізоляційної плити – 25 мм. Залізнична плита перекриття – 220 мм	1612,68
Позаквартирні коридори, сходово-ліфтовий вузол, тамбури, офісні приміщення	3		Плитка керамічна – 20 мм Шар цементно-піщаного розчину М 200 – 15 мм Залізнична плита перекриття – 220 мм	449,15
Лоджії, балкони	4		Бетон класу С12/15 – 20 мм Стяжка із цементно-піщаного розчину марки 150 – 40 мм Звукоізоляційний шар із деревоволокнистої ізоляційної плити – 25 мм. Залізнична плита перекриття – 220 мм	212,96
Кімнати вбудованих приміщень	5		Штучний паркет 20 мм Стяжка із цементно-піщаного розчину 20 мм Гідроізоляція 1 шар рубітексу на бітумній мастиці 10 Залізнична плита перекриття – 220 мм	290,14

Покрівля будівлі запроєктована з внутрішньою системою організованого водовідведення, що забезпечує ефективне відведення атмосферних опадів без стікання води по фасадах.

Гідроізоляційний шар покриття виконано з одного шару уніфлексу, укладеного по утеплювачу. Ухил поверхні покрівлі формується за допомогою керамзитового гравію із шаром змінної товщини від 20 до 200 мм, що дозволяє забезпечити нормативний напрямок стоку води до водоприймальних воронок.

Утеплення покриття здійснено за допомогою мінераловатних плит завтовшки 130 мм (згідно результатів теплотехнічного розрахунку). Така конструкція забезпечує високі показники теплоефективності, паропроникності та вогнестійкості.

Вимощення навколо будівлі виконане з тротуарної плитки шириною 1,5 м, укладеної на бетонну підготовку товщиною 100 мм із бетону класу С8/10, морозостійкістю F50.

## **1.5 Інженерна оснащення будівлі**

Загальна характеристика систем.

Житлова будівля обладнана повним комплексом інженерних мереж, що забезпечують комфортні умови проживання. У проєкті передбачено:

- систему центрального опалення;
- газопостачання;
- гаряче та холодне водопостачання;
- побутову каналізацію;
- електропостачання та внутрішнє освітлення;
- телефонний зв'язок;
- систему колективного телебачення.

Джерелом теплової енергії для будівлі є дахова котельня, запроєктована згідно з вимогами ДБН В.2.5-77:2014 Котельні установки. Для

кожної блок-секції передбачено індивідуальний тепловий пункт (ІТП), розташований у технічному підпіллі.

Теплоносієм є вода з температурними параметрами 95–70 °С. Гаряче водопостачання здійснюється від тієї ж котельні, з рециркуляційною подачею для стабільності температурного режиму.

Система опалення виконана за однотрубною тупиковою схемою з перекинутою циркуляцією теплоносія. Як нагрівальні прилади застосовано конвектори типу «Універсал».

Регулювання тепловіддачі здійснюється за допомогою терморегулюючої арматури RTD-G «Danfoss» з термостатичною головкою RTD 3640, що дозволяє підтримувати оптимальну температуру в кожному приміщенні.

Трубопроводи системи опалення виконані зі сталевих водогазопровідних і електрозварних труб відповідно до вимог ДСТУ EN 10255:2016 та ДСТУ EN 10217-1:2016. Злив води передбачено у нижніх точках системи та на стояках, а випуск повітря – через повітрозбірники, розташовані у технічному горищі.

У будівлі запроектована природно-механічна система витяжної вентиляції, виконана згідно з ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

Видалення відпрацьованого повітря здійснюється через вентиляційні канали кухонь і санітарних вузлів з подальшим викидом у вентшахти, що виходять на покрівлю. Притік свіжого повітря забезпечується через віконні прорізи та фрамуги.

Повітроводи з електроцитової приміщені класу «П», виготовлені з оцинкованої сталеві тонколистової сталі товщиною 1 мм. Для підвищення пожежної стійкості вони покриті вогнезахисним складом.

У будівлі передбачено повний комплекс інженерних систем водопостачання та водовідведення.

Загальний перелік техніко-економічних показників наведено в табл.

1.6.

Таблиця 1.6 – ТЕП будівлі

Показники	Кількість
Поверховість	9
Кількість квартир:	
однокімнатних	16
двокімнатних	16
трикімнатних	16
Показники квартир:	
Житлова площа	1321,22 м <sup>2</sup>
Загальна площа	2621,1 м <sup>2</sup>
Площа офісних приміщень першого поверху:	239,58 м <sup>2</sup>
Загальна площа будинку	2860,68 м <sup>2</sup>
Будівельний об'єм	15180,23 м <sup>3</sup>
Наведена загальна площа будинку	3826,74 м <sup>2</sup>

Проектом заплановано господарсько-питний водопровід, гаряче водопостачання та побутову каналізацію.

Водопровідна система запроектована з введенням мережі до будівлі з міського водогону. Підвід виконується із поліетиленових труб ПЕ 80 SDR. На вводі встановлюється водомірний вузол діаметром 32 мм з обвідною лінією (байпасом) для зручності технічного обслуговування.

Система гарячого водопостачання централізована, з подачею теплоносія від дахової котельні, відповідно до ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.

Трубопроводи господарсько-питного та гарячого водопостачання, розташовані вище відмітки 0.000, виконуються з поліпропіленових труб із термостійким армуванням, які відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.5-32:2007 Внутрішній водопровід і каналізація будівель.

Побутова каналізація запроектована для відведення стічних вод від санітарно-технічних приладів квартир і офісних приміщень. Водовідведення здійснюється самопливом у зовнішню міську мережу. Для трубопроводів застосовуються ПВХ-труби діаметром 50–100 мм із розтрубними з'єднаннями та гумовими ущільнювальними кільцями, що забезпечують герметичність і довговічність експлуатації.

### 1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Проводимо теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін, схема якої наведена на рис. 1.1.

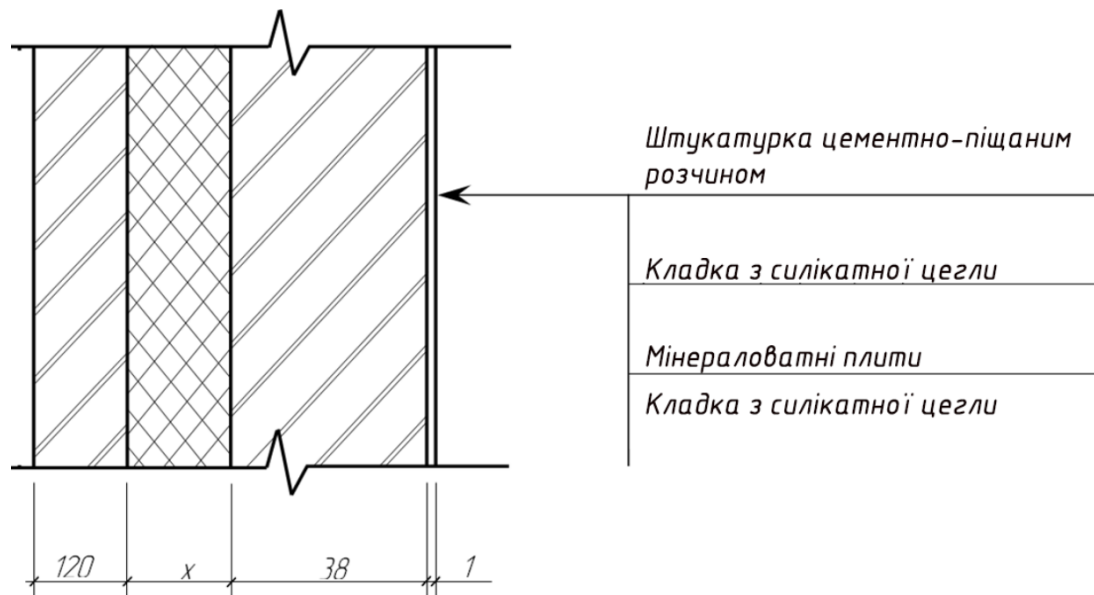


Рисунок 1.1 – Конструкція стіни до розрахунку

Загальний розрахунок полягає у визначенні приведеного (фактичного) опору теплопередачі всієї огорожувальної конструкції  $R_{q,пр}$  та виконання умови (1.1):

$$R_{q,min} < R_{q,пр} \frac{m^2 \times C}{Вт} \quad (1.1)$$

Оскільки Харківська область відноситься до I кліматичного району України, то мінімальний опір теплопередачі складає (1.2) згідно ДБН В.2.6-31:2021:

$$R_{qmin} = 4,00 \frac{m^2 \times C}{Вт} \quad (1.2)$$

Для виконання умови (1.1) потрібно визначити фактичний опір теплопередачі за формулою (1.3):

$$R_{q\text{ пр}} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{ext}}, m^2 \cdot ^\circ C/Вт \quad (1.2)$$

де  $R_{q\text{ пр}}$  – фактичний (приведений) опір теплопередачі,  $\frac{m^2 \times C}{Вт}$ ;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -ого шару, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$ -го шару,  $\frac{Вт}{m^2 C}$ .

$h_{int}$  та  $h_{ext}$  – коефіцієнти тепловіддачі поверхонь стін.

Оскільки товщина утеплювача невідома, необхідно за формулою (1.3) знайти  $\delta_{ут}$ , м:

$$\delta_{ут} = \left[ R_0^{тр} - \left( \frac{1}{h_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{h_{ext}} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}, м \quad (1.3)$$

Підбір матеріалів огорожувальних конструкцій здійснено з урахуванням необхідного балансу між енергоефективністю, довговічністю та економічною доцільністю будівництва. Обираємо характеристики матеріалів за ДБН В.2.6-31:2021:

$$\delta_{\text{ут}} = \left[ 4,00 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{x}{0,048} + \frac{0,38}{0,87} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,04 = 0,129 \text{ м}$$

Таким чином, обираємо товщину утеплювача 130 мм.

Знаходимо точку роси за формулою (1.4):

$$\tau_{\text{int}} = 21 - \frac{1(21 - (-30))}{8,7 \cdot 3,9} = 19,5^{\circ}\text{C} \quad (1.3)$$

При температурі точки роси  $t_d = 11,62^{\circ}\text{C}$  перевіряємо виконання умови:

$$\tau_{\text{int}} = 19,5^{\circ}\text{C} \geq \tau_d = 11,6^{\circ}\text{C}$$

Конденсат утворюватись не буде, санітарно-гігієнічні показники в нормі. Остаточо приймаємо товщину утеплювача 130 мм з мінераловатних плит.

## **1.7 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі**

### **Розрахунок № КН - 31**

**класу наслідків (відповідальності) для об'єкта будівництва:**

«9-ти поверхова житлова будівля в Харківській області»

При визначенні класу наслідків (відповідальності) об'єкта використовувались наступні документи:

1. Закон України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень).

2 ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)».

3 ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд».

4 «Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», що затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. №175.

Відповідно до п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) визначається за кожною характеристикою таблиці 1, додатково враховується стаття 32 Закону України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також розділ 5 ДБН В.1.2-14:2018 та додаткові умови за п.4.15 ДСТУ 8855:2019.

#### **Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта**

4 Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які постійно знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 150.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

5 Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які періодично знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 100.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

6 Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта (кількість людей) - 250.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

7 Можливі матеріальні збитки оцінюються витратами, пов'язаними як з необхідністю відновлення об'єкта, що відмовив, так і з побічними збитками (збитки від зупинки виробництва, втрачена вигода).

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування чи пошкодження об'єкту згідно з ДСТУ 8855:2019 п.4.12 розраховується за формулою:

$$\Phi = c \times P \left( 1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i} \right)$$

де:

$\Phi$  – прогнозовані збитки, грн.: ;

$c$  – коефіцієнт, що враховує відносну долю вартості об'єкта, повністю втраченої під час аварії. Значення  $c$  можна оцінювати при аналізі сценарію розвитку аварії: (0,45);

$P$  – вартість об'єкта, визначена на підставі КНУ «Настанова з визначення вартості будівництва» або за об'єктом-аналогом, грн.: 105 325 000, де: сум = 0;

$T_{ef}$  – середнє значення розрахункового строку експлуатації об'єкта, років: (100);

$K_{a,i}$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань: (0,01).

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування об'єкта дорівнює:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,45 * 105\,325\,000 * (1 - 1/2 * 100 * 0,01) \\ &= 23\,698\,125 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Можливі матеріальні збитки та/чи соціальні втрати від відмови об'єкта оцінюють, керуючись «*Методикою оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру*» та розраховують за формулою (1) цієї Методики. Ці збитки складають:

$$\Phi = 0 \text{ грн}$$

Загальний обсяг збитків дорівнює:

$$\Phi = 23\,698\,125 + 0 = 23\,698\,125 \text{ грн.}$$

обсяг можливого економічного збитку у м.р.з.п. складає:

$$23\ 698\ 125 / 8000 = 2\ 962,27 \text{ м.р.з.п.}$$

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

8 Спорудження об'єкта не загрожує призупиненням функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку, енергетики та інженерних мереж .

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС1.

9 Додаткові умови згідно з пунктом 4.15 ДСТУ 8855:2019:

- Житлові будинки понад чотири поверхи - СС2.

**Висновок.** Відповідно до п.6 статті 32 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) для даного об'єкту встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків, тобто «9-ти поверхова житлова будівля в Харківській області» відноситься до класу наслідків (відповідальності) - СС2.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 2.1 Розрахунок багатопустотної плити перекриття

#### 2.1.1 Загальна інформація щодо розрахунку. Збір навантажень

У межах дипломного проєкту виконується розрахунок плити перекриття типу ПП-2, яка спирається по коротких сторонах і працює як балка двотаврового профілю, вільно оперта на дві опори.

Попередньо уточнено основні геометричні параметри плити та зведено їх до еквівалентного двотаврового перерізу з урахуванням конструктивних вимог:

а) Конструктивна ширина плити приймається на 1 см меншою за номінальну;

б) Кількість, діаметр і розташування порожнин визначаються з умови максимального зменшення маси елемента при забезпеченні необхідної міцності товщина бетонних поясів над і під порожнинами має бути не менше 25–30 мм, а між суміжними порожнинами 30–35 мм;

в) Для запобігання місцевим сколам і полегшення розшивки швів по нижній поверхні плити передбачено поздовжні фаски розміром 15×15 мм;

г) Бічні поверхні плит виконуються з конструктивними виступами, які сприяють якісному заповненню стикових швів бетоном; ширина шва не менше 20 мм, висота виступу 60–100 мм.

Для забезпечення спільної роботи плит у складі диска перекриття на бічних гранях передбачені шпонки (заглиблення) круглого або прямокутного перерізу.

Основними несучими елементами перекриття є багатопорожнинні залізобетонні панелі, що мають такі геометричні параметри:

- номінальна довжина – 7,30 м;
- ширина – 1,20 м;
- товщина – 0,22 м.

Навантаження, що діють на плиту перекриття, наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на плиту перекриття

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, $q_n$ кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$\gamma_n$	Розрахункове навантаження, $q$ , кН/м <sup>2</sup>
Постійна підлога:	0,19	1,2	0,95	0,216
- Керамічна плитка	0,36	1,3		0,444
- цементно-піщана стяжка	0,2	1,2	0,95	0,228
- утеплювач			0,95	
Разом:	0,75			0,888
Від перегородок	1,50	1,1		1,65
Від плити	3,0			3,3
Разом: постійна	5,25			5,838
Тимчасове навантаження	1,50	1,3		1,95
Разом: повне навантаження	6,75			7,788

Поперечний переріз плити перекриття наведено на рис. 2.1.

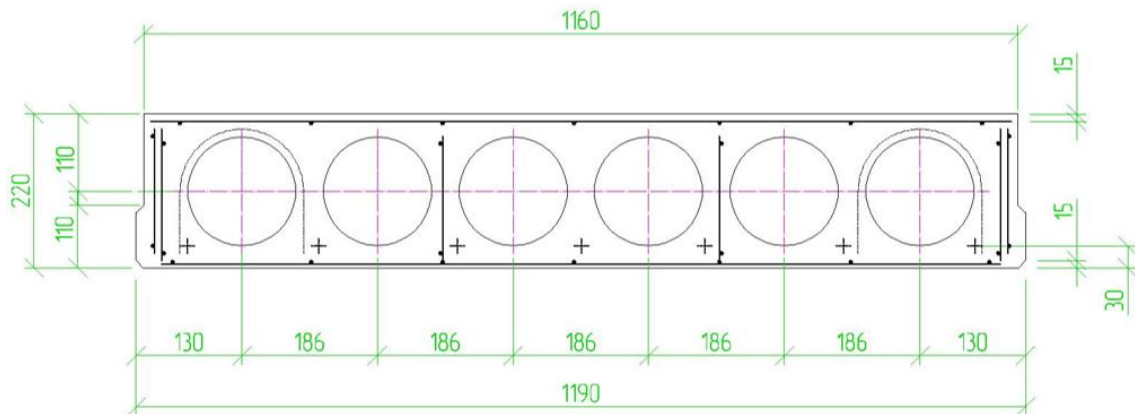


Рисунок 2.1 – Поперечний переріз багатопустотної плити

Зводимо наведений поперечний переріз багатопустотної плити до еквівалентного двотаврового перерізу та подальшого розрахунку, що наведено на рис. 2.2:

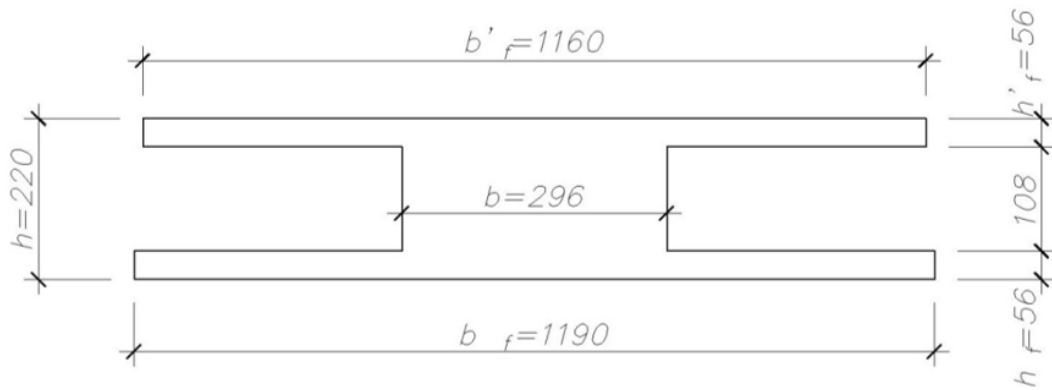


Рисунок 2.2 – Еквівалентний двотавровий переріз до розрахунку плити

Приведення поперечного перерізу плити до еквівалентного двотаврового профілю виконується з метою спрощення розрахунку міцності та жорсткості елемента.

Розрахунок здійснюється шляхом віднімання сумарної ширини порожнин, які замінюються еквівалентними квадратними отворами з розміром сторони  $a = 0,9d$ .

Таким чином, при заданій ширині плити по верхній грані  $b_x$  і загальній висоті перерізу  $h$  визначаються основні геометричні параметри еквівалентного двотаврового перерізу (рис. 2.2):

- ширина верхньої полиці  $b_{x1}$ ;
- ширина нижньої полиці  $b_{x2}$ ;
- висота верхньої та нижньої полиць  $h_x$ , яка визначається конструктивно залежно від товщини бетонного шару над і під порожнинами (2.1):

$$h_f = h_f = \frac{h - 0,9 \cdot d}{2}, \text{ м} \quad (2.1)$$

$$h_f = \frac{0,22 - 0,9 \cdot 0,16}{2} = 0,056 \text{ м}$$

- визначаємо ширину ребра  $b$  за формулою (2.2):

$$b = b_f - n \cdot 0,9 \cdot d, \text{ м} \quad (2.2)$$

$$b = 1,16 - 6 \cdot 0,9 \cdot 0,16 = 0,296 \text{ м}$$

де  $n$  – число порожнеч в плиті перекриття, шт.

Визначаємо розрахункові навантаження на 1 погонний метр плити перекриття від ваги перегородок та підлоги (2.3):

$$g_{\text{підлог}} = (g_0 + g_1) \cdot b_{\text{плити}}, \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad (2.3)$$

$$g_{\text{підлог}} = (0,888 + 1,65) \cdot 1,2 = 3,05 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

А також навантаження від власної ваги плити (2.4):

$$g_{\text{плити}} = A \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f, \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad (2.4)$$

$$g_{\text{плити}} = 0,22 \cdot 25 \cdot 1,1 = 6,05 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Розраховуємо тимчасове навантаження (2.5):

$$p_{\text{тимч}} = p \cdot b_{\text{плити}}, \text{кН/м} \quad (2.5)$$

$$p_{\text{тимч}} = 1,95 \cdot 1,2 = 2,34$$

де  $b_{\text{плити}}$  – ширина плити фактична, м;

$A$  – площа поперечного перерізу,  $\text{м}^2$ ;

$\gamma_c$  – об'ємна вага залізобетону,  $\frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ ;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Розраховуємо повне розрахункове навантаження (2.6):

$$q_{\text{п}} = g_{\text{підлог}} + g_{\text{плит}} + p_{\text{вр}}, \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad (2.6)$$

$$p_{\text{тимч}} = 3,05 + 6,05 + 2,34 = 12,35 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Повне нормативне навантаження:

$$q^{\text{нормп}} = g_{\text{п}} b_{\text{плит}} = 6,75 \cdot 1,2 = 8,1 \text{ кН/м}$$

Далі потрібно визначити внутрішні зусилля. Максимальний згинальний момент визначається за формулою (2.7):

$$M = \frac{q_{\text{п}} \cdot l_0^2}{8}, \text{ кН} \times \text{м} \quad (2.7)$$

$$M = \frac{12,355 \cdot 7,3^2}{8} = 82,3 \text{ кН} \times \text{м}$$

Поперечна сила Q визначається за формулою (2.8):

$$Q = \frac{q_{\text{п}} \cdot l_0}{2}, \text{ кН} \quad (2.8)$$

$$Q = \frac{12,355 \cdot 7,3}{2} = 45,09 \text{ кН}$$

де  $l_0$  – розрахунковий прольот, м;

$h_0$  – робоча висота плити, м.

### 2.1.2 Розрахунок плити по нормальним напруженням

Для розрахунку приймаємо важкий бетон класу С16/20. Коефіцієнт  $b_2$  визначається згідно з нормативними положеннями. Клас робочої арматури приймаємо А800.

Приймаємо розрахункові характеристики матеріалів:

$$f_{\text{cd}} = 11,5 \text{ МПа};$$

$$f_{ys} = 695 \text{ МПа};$$

$$E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

Робочу висоту перерізу визначаємо як (2.9):

$$\begin{aligned} h_0 &= h - a, \text{ м} \\ h_0 &= 0,22 - 0,03 = 0,19 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.9)$$

де  $h$  – загальна висота плити,

$a$  – товщина захисного шару бетону.

Перевіряємо умову міцності перерізу (2.10):

$$\begin{aligned} M_{Ed} &\leq f_{cd} \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5h'_f) \\ M_{ed} &= 11,5 \cdot 10^3 \cdot 1,16 \cdot 0,05 \cdot (0,19 - 0,5 \cdot 0,05) = 175,95 \text{ кН}\cdot\text{м} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Отримане значення моменту становить  $M_{Ed} = 175,95 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Оскільки розрахунковий момент  $M = 82,3 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , нейтральна вісь розташована в межах полиці, тому переріз розглядається як прямокутний завширшки  $b'_x = 1,16 \text{ м}$ .

Визначаємо допоміжну величину  $A_0$  (2.11):

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{M}{f_{cd} \cdot b'_f \cdot h_0^2}, \text{ м}^2 \\ A_0 &= \frac{82,3}{11,5 \cdot 10^3 \cdot 1,16 \cdot 0,19^2} = 0,17 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (2.11)$$

За нормативною документацією для отриманого значення  $A_0$  визначаємо:

$$\xi = 0,187;$$

$$\eta = 0,906.$$

Граничне значення  $\xi_r$  обчислюємо за формулою (2.12):

$$\begin{aligned}\xi &= 1 - \sqrt{1 - 2A_0} \\ \xi &= 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,17} = 0,187 \\ \text{тоді } \eta &= 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \cdot 0,187 = 0,906\end{aligned}\tag{2.12}$$

Після перевірки отримано нерівність  $\xi \leq \xi_r$ , тобто  $0,187 \leq 0,40$  – умова виконується. Визначаємо значення  $\xi_R$

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{f_{yw}}{0,0035 \cdot E_s}} = \frac{0,8}{1 + \frac{695}{0,0035 \cdot 2 \cdot 10^5}} = 0,40\tag{2.13}$$

Необхідна площа арматури (2.14):

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{M_{Ed}}{\eta \cdot h_0 \cdot f_{yw}} \\ A_s &= \frac{82,3}{0,906 \cdot 0,19 \cdot 695 \cdot 10^3} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 6,2 \text{ см}^2\end{aligned}\tag{2.14}$$

Отримане значення становить  $A_s = 6,2 \text{ см}^2$ .

За таблицею арматурного прокату призначаємо арматуру 7  $\emptyset 12$  A800, що забезпечує площу  $A_s = 7,92 \text{ см}^2$ .

### 2.1.3 Визначення необхідності поперечного армування

Характеристична (нормативна) міцність бетону на розтяг  $f_{ctk}$  згідно ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення"  $f_{ctk} = 0,90 \text{ МПа}$ .

Клас поперечної арматури прийнято – В500, значення розрахункової міцності поперечної арматури на границі текучості  $f_{ywd} = 300$  МПа.

Попередньо задаємось діаметром стрижнів армування 7 мм з конструктивних міркувань. Тоді площа поперечної арматури  $A_{sw} = 1,54$  см<sup>2</sup>.

Поперечна сила, що сприймається бетоном у стиснутій зоні, визначається за формулою (2.15)

$$V_{Ed} = 0,5 f_{ctk} \cdot b \cdot h_0, \text{кН}$$

$$V_{Ed} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 0,19 = 102,6 \text{кН}; \quad (2.15)$$

Порівнюємо з внутрішніми зусиллями  $Q = 45,09$  кН

Отримано  $V_{Ed} = 102,6$  кН, тоді як розрахункова поперечна сила  $Q = 45,09$  кН.

Оскільки  $V_{Ed} \geq Q$ , розрахункове армування хомутами не потрібне – вони встановлюються лише конструктивно для забезпечення тріщиностійкості та сприйняття локальних зусиль.

Таким чином, поперечна арматура з розрахунку не призначається.

Армування багатопорожнинних плит виконується двома сітками – верхньою та нижньою, що забезпечують спільну роботу елемента при згині та рівномірний розподіл напружень.

#### 2.1.4 Розрахунок попереднього напруження

Визначення попередньої напруги арматури виконано на основі умов міцності та експлуатаційної надійності елемента.

Величину попереднього напруження приймають із діапазону (2.16):

$$\sigma_{sp} \geq 0,3 f_{yk} + P_{sp} \quad \sigma_{sp} \leq f_{yk} - P_{sp} \quad (2.16)$$

де  $P_{sp}$  – допустиме відхилення попередньої напруги, яке визначається залежно від розрахункової довжини елемента (2.17):

$$P_{sp} = 30 + \frac{360}{l_{kn} + 0,3}, \text{ МПа} \quad (2.17)$$

$$P_{sp} = 30 + \frac{360}{5,65 + 0,3} = 90,5 \text{ МПа}$$

Після розрахунку отримано значення  $P_{sp} = 90,5$  МПа.

Таким чином, межі допустимих напружень становлять:

$$\sigma_{sp} \leq 590 - 90,5 = 499,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} \geq 0,3 \cdot 590 + 90,5 = 267,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} \leq 499,5 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{sp} \geq 267,5 \text{ МПа.}$$

Для подальших розрахунків приймається попередня напруга арматури  $\sigma_{sp} = 450$  МПа.

Гранична відносна висота стиснутої зони бетону визначається за виразом (2.18):

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{sc.u}} \left(1 - \frac{\omega}{1.1}\right)}, \quad (2.18)$$

де  $\omega$  – характеристика стиснутої зони бетону, котра розраховується з урахуванням параметрів матеріалів (2.19):

$$\omega = \gamma - 0,08 \times f_{cd} \cdot \gamma_{c2}$$

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 14,5 \cdot 0,9 = 0,75 \quad (2.19)$$

Умовна пружна напруга в арматурі розтягнутої зони визначається за формулою (2.20):

$$\sigma_{sr} = f_{yd} + 400 - (1 - \Delta\gamma_{sp})(\sigma_{sp} - 100) \quad (2.20)$$

де  $\Delta\gamma_{sr}$  – граничне відхилення попередньої напруги, обчислене за формулою (2.21):

$$\Delta\gamma_{sr} = 0,5 \cdot \frac{P_{sp}}{\sigma_{sp} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}}\right)} \quad (2.21)$$

при попередньо прийнятій кількості напружених стрижнів  $n_p = 7$ .

$$\Delta\gamma_{sr} = 0,5 \cdot \frac{90,5}{450 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{7}}\right)} = 0,15$$

Після обчислення отримано  $\Delta\gamma_{sr} = 0,15$ . Відповідно, умовна пружна напруга становить:

$$\sigma_{sr} = 510 + 400 - (1 - 0,15)(450 - 100) = 612,5 \text{ МПа}$$

$$\xi_r = 0,75 / [1 + 612,5 / 500(1 - 0,75 / 1,1)] = 0,54$$

Отже, гранична відносна висота стиснутої зони бетону  $\xi_r = 0,54$ . Визначення необхідної площі стиснутої арматури у верхній полиці плити виконується за формулою (2.22):

$$A_s^{тр} = \frac{M - \alpha_R \times f_{cd} \times 1000 \times b \times h_o^2 - f_{cd} \times 1000 \times (b_f - b)}{f_{ydk} \times (h_o - a) \times 1000} - h_f \times (h_o - h_f/2) \quad (2.22)$$

де  $h_o = 0,193$  м – робоча висота перерізу,

$f_{ydk} = 365$  МПа – розрахунковий опір арматури класу В500 при стиску.

$$A_s^{тр} = 82,3 - \frac{0,394 \times 14,5 \times 1000 \times 0,347 \times 0,193^2}{365 \times (0,193 - 0,02) \times 1000}$$

Розрахунок показав, що значення  $A_{стр} < 0$ , отже, стиснута арматура у верхній полиці не потрібна. Для забезпечення конструктивних вимог приймається  $\varnothing 4$  В500 з кроком 100 мм.

Необхідна площа розтягнутої арматури визначається з урахуванням положення межі стиснутої зони бетону, за умовою (2.23):

$$M \leq f_{cd} \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot \left( h_o - \frac{h'_f}{2} \right) + A'_s \times f_{ydc} \cdot (h_o - a') \quad (2.23)$$

Після підстановки числових даних отримано:

$$\begin{aligned} M &= 82,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \\ &< 14 \cdot 0,9 \cdot 1000 \cdot 1,26 \cdot 0,056 \cdot (0,19 - 0,028) \\ &+ +0,000088 \cdot 365 \cdot 1000 \cdot (0,19 - 0,02) = 105,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \\ M &= 82,3 \text{ кН} \cdot \text{м} < 105,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

що свідчить про виконання вимоги міцності.

Таким чином, міцність нормального перерізу плити є забезпеченою, конструкція відповідає вимогам надійності та може бути прийнята до реалізації.

### 2.1.5 Конструювання багатопустотної плити перекриття

Для нижньої арматурної сітки призначається крок стрижнів 200 мм, тому на розрахункову смугу плити шириною 1 м необхідно п'ять стрижнів. Згідно ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення" примаємо 5 Ø4 В500, при цьому площа робочої арматури становить  $A_s = 0,35 \text{ см}^2$ .

Діаметр  $d$  та крок  $S$  поперечних стрижнів визначаємо згідно конструктивних вимог:

- $d/D \geq 0,3$ , при цьому  $d = 4 \text{ мм}$ ;
- $S \leq 0,5h_0$ , але не більше 150 мм;
- площа поперечної арматури сітки  $A_{s1} \geq 0,1A_s$ .

Враховуючи зазначені умови, примаємо Ø4 В500 із кроком  $S = 10 \text{ см}$ .

Прийнята арматурна сітка маркується відповідно до вимог ДБН.

Для даної конструкції примаємо:

- сітку С1 марки  $4C \frac{4B500C-100}{4B500C-100} 120 \times 730$

Верхню розподільну арматуру встановлюємо конструктивно, виконуючи її з аналогічних сіток, що застосовані в нижній зоні плити – сітки типу С1.

Додаткові сітки С2 та С3 примаємо конструктивно з арматури класу В500 діаметром 4 мм:

$$C2 \frac{4B500C - 100}{4B500C - 100} 38 \times 146$$

$$C3 \frac{4B500C - 100}{4B500C - 100} 50 \times 114$$

Конструювання плити перекриття наведено на рис. 2.3.

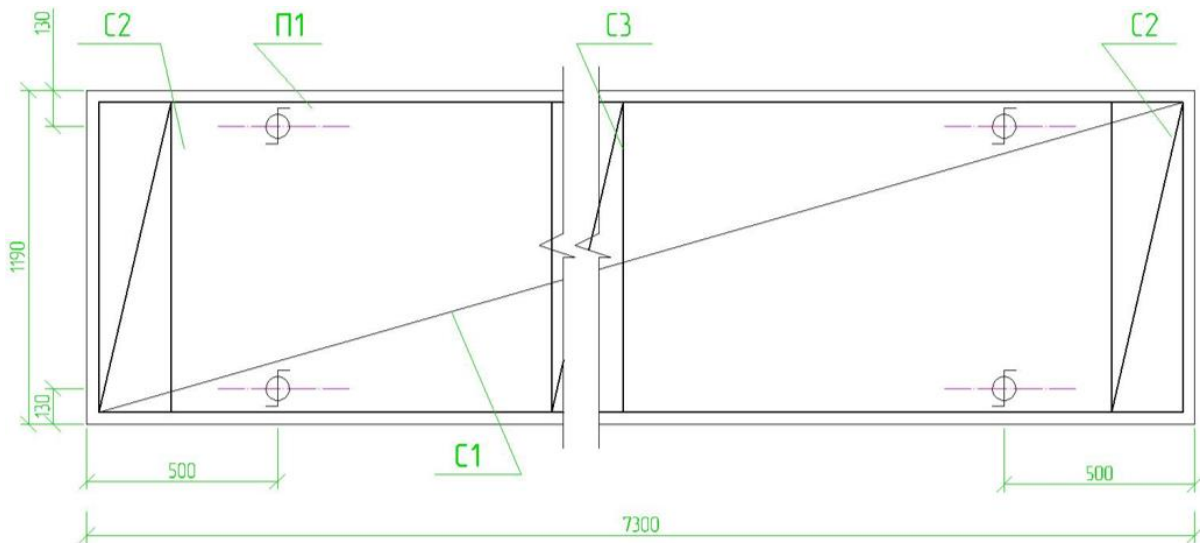


Рисунок 2.3 – Конструювання плити перекриття

У конструкції плити передбачено чотири монтажні петлі діаметром 12 мм із арматури класу А240, розташовані над порожнинами та занурені в тіло бетону.

Для підвищення опору зім'яттю бетону в опорних зонах, а також для запобігання поширенню вогню під час пожежі й усунення містків холоду, кінцеві ділянки порожнин звужуються на одному боці й закриваються бетонними пробками з іншого на довжину 20 см.

## РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Інформація щодо ділянки будівництва

Ділянка, відведена під будівництво житлового будинку, розташована в межах Харківської області. Поверхня території має спокійний рельєф із незначним зниженням у напрямку півночі. На території забудови відсутні існуючі будівлі, споруди та зелені насадження, що спрощує підготовку майданчика до виконання робіт.

Проектом передбачено влаштування внутрішньомайданчикових проїздів із твердим покриттям із асфальтобетону з обрамленням бортовим каменем, а також пішохідних доріжок із цементно-піщаної тротуарної плитки. У безпосередній близькості до житлової будівлі заплановано майданчик для паркування автомобілів мешканців. Відведення поверхневих (зливових) вод із тротуарів і стоянки передбачається відкритою системою водовідведення з відводом у напрямку проїжджої частини існуючих доріг.

Технологічне проектування будівництва полягає у розробленні найраціональніших технологічних і організаційних рішень, які забезпечують виконання всіх робіт у задані строки при мінімальних витратах трудових, матеріальних і технічних ресурсів.

Оптимальне рішення будівельного процесу визначається через аналіз варіантів виконання робіт, порівняння їхніх техніко-економічних показників і вибір найефективнішої схеми реалізації. На етапі проектування послідовно формуються, аналізуються та обґрунтовуються технологічні варіанти, що забезпечують максимальну ефективність будівельного виробництва.

Будівництву дев'ятиповерхового житлового будинку з вбудованими приміщеннями передує підготовчий етап, спрямований на створення необхідних умов для виконання основних робіт у визначені строки з дотриманням вимог якості.

До цього етапу входять інженерна підготовка території та організаційне облаштування майданчика.

Проектом виконання робіт передбачено два основні періоди будівництва – підготовчий та основний.

У підготовчий період виконуються такі роботи:

- освоєння та розчищення будівельного майданчика;
- улаштування під'їзних шляхів і тимчасових доріг;
- встановлення тимчасових споруд, огорож і складів;
- виконання геодезичних робіт і розбивання осей споруди;
- планування території та відведення поверхневих і ґрунтових вод.

Під час основного періоду здійснюються будівельно-монтажні та оздоблювальні роботи на всіх рівнях об'єкта.

До робіт нульового циклу належать:

- земляні роботи (механізовані та ручні операції з доопрацювання);
- улаштування збірного фундаменту під стіни;
- монтаж стін і перекриттів підземної частини (підвалу);
- улаштування підлог у підвалі;
- зворотне засипання ґрунту після монтажу конструкцій.

Загальнобудівельний цикл включає:

- зведення зовнішніх і внутрішніх стін із цегли;
- монтаж збірних залізобетонних перекриттів;
- установа сходових маршів і площадок;
- підготовку основи під підлоги;
- улаштування покрівельної системи;
- заповнення віконних і дверних прорізів.

Оздоблювальний цикл охоплює:

- штукатурні та шпаклювальні роботи;
- фарбування поверхонь;
- улаштування підлогових покриттів;
- зовнішнє декоративне оздоблення фасадів.

Спеціальні роботи включають:

- прокладання мереж опалення та гарячого водопостачання;

- улаштування систем газопостачання та вентиляції;
- монтаж внутрішніх мереж водопроводу та каналізації;
- електромонтажні роботи;
- благоустрій території та озеленення.

Під час виконання всіх будівельно-монтажних процесів необхідно дотримуватись вимог чинних нормативних документів України:

- ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва;
- ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів;
- ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізації;
- ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд;
- ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація;
- інші відповідні нормативні документи.

### **3.2 Визначення обсягів БМР**

Розрахунок обсягів будівельно-монтажних робіт виконується для всього комплексу на основі архітектурно-конструктивних креслень та даних, наведених у відповідних розділах пояснювальної записки.

Підрахунок здійснюється по всій номенклатурі конструктивних елементів і видів робіт, які включено до зведеного кошторису будівництва об'єкта. Для загальнобудівельних процесів обсяги визначаються у відповідних одиницях виміру за Кошторисними нормами України, залежно від характеру робіт і прийнятої методики обліку трудових витрат.

Підсумкові результати розрахунків обсягів будівельно-монтажних робіт наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення обсягів БМР

№ п/п	Найменування робіт	Од. вим.	К-сть
1	2	3	4
1	Розробка ґрунту з переміщенням бульдозерами	1000 м <sup>3</sup>	0,22
2	Розробка ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаватором з ковшем в.м. 0,65 м3	1000 м <sup>3</sup>	2,4
3	Засипка траншей та котлованів бульдозерами потужністю 79 кВт	1000 м <sup>3</sup>	0,5
4	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками	100 м <sup>3</sup>	1,44
5	Занурення дизель-молотом на гусеничному копрі залізобетонних паль завдовжки до 8м.	шт	328
6	Влаштування бетонної підготовки під монолітний ростверк	100 м <sup>3</sup>	0,48
7	Пристрій монолітного ростверку	100 м <sup>3</sup>	3,6
8	Встановлення блоків стін підвалів	100 шт	13,131
9	Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна обклеювальна в 2 шари	100 м <sup>2</sup>	3,755
10	Гідроізоляція стін фундаментів	100 м <sup>2</sup>	4,17
11	Кладка зовнішніх цегляних стін	м <sup>3</sup>	2450
12	Кладка стін із цегли внутрішніх при висоті поверху до 4м.	м <sup>3</sup>	2706
13	Установка перегородок із гіпсових плит в 1 шар при висоті поверху до 4м.	100 м <sup>2</sup>	14,9
14	Укладання перемичок при найбільшій масі монт. елементів у приміщенні до 5т масою до 0.7т	100 шт	18,92
15	Встановлення панелей перекриттів	100 шт	13,23
16	Встановлення сходових майданчиків та маршів	100 шт	57
17	Штукатурення поверхонь цементним розчином	100 м <sup>2</sup>	56,53
18	Встановлення віконних блоків	100 м <sup>2</sup>	10,58
19	Пристрій пароізоляції	100 м <sup>2</sup>	6,9
20	Утеплення покриттів мін. ватними плитами	100 м <sup>2</sup>	6,9
21	Пристрій вирівнюючих стяжок	100 м <sup>2</sup>	6,9
22	Влаштування плоскої покрівлі	100 м <sup>2</sup>	6,9
23	Ущільнення ґрунту щебенем	100 м <sup>2</sup>	5,4
24	Влаштування бетонного підстиляючого шару	100 м <sup>2</sup>	43
25	Забарвлення полівінілцетатними водоемульсійними сумішами	100 м <sup>2</sup>	167,68
26	Влаштування стяжок цементних товщиною 20мм	100 м <sup>2</sup>	58,44
27	Влаштування покриттів мозаїчного типу	100 м <sup>2</sup>	3,3
28	Влаштування покриттів з керамічної плитки	100 м <sup>2</sup>	26,1
29	Влаштування покриттів з лінолеуму	100 м <sup>2</sup>	32,43
30	Встановлення блоків у зовнішніх та внутрішніх дверних отворах	100 м <sup>2</sup>	9,98
31	Обклеювання шпалерами стін	100 м <sup>2</sup>	128,4
32	Влаштування вимощення	100 м <sup>2</sup>	4,2

### 3.3 Розрахунок баштового крану для виконання БМР

Вибір баштового крану здійснюється на основі трьох основних технічних параметрів, що визначають його придатність для виконання монтажних робіт:

1. Вантажопідйомність  $Q$ ;
2. Висота підйому гака  $H$ ;
3. Виліт стріли (гака)  $L$ .

Використовуючи графічний метод, як зображено на на рис. 3.1, проводимо розрахунок баштового крану для виконання БМР:

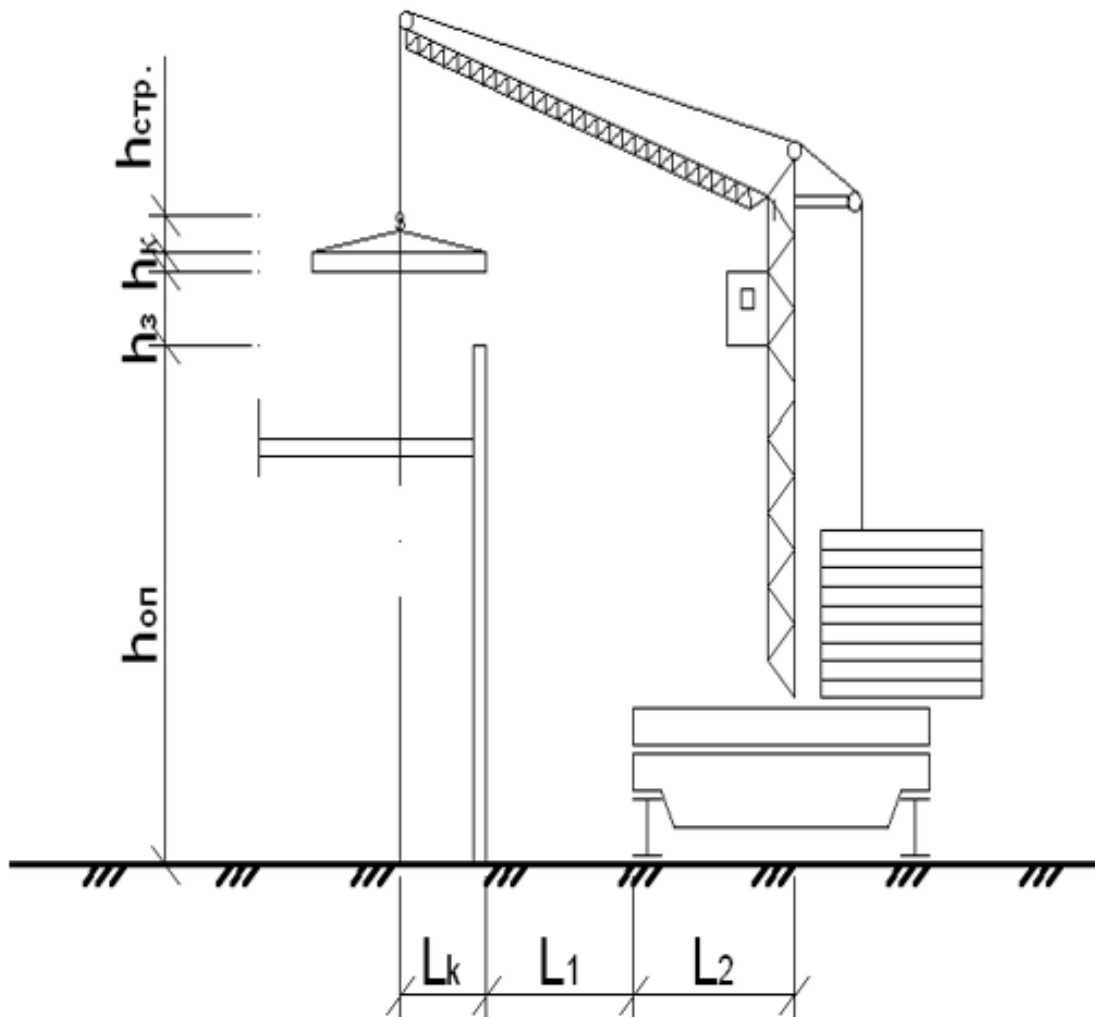


Рисунок 3.1 – Схема роботи баштового крану

Висота підйому гака,  $H$  (м), визначається за формулою (3.1):

$$H = h_{\text{оп}} + h_3 + h_{\text{к}} + h_{\text{стр}}, \text{ м} \quad (3.1)$$

де  $h_{\text{оп}}$  – висота опорної поверхні конструкції, що монтується;

$h_3$  – запас висоти під час підйому (для горизонтально переміщуваних елементів – 1 м, для вертикальних – 0,5 м);

$h_{\text{к}}$  – максимальний розмір конструкції у вертикальному положенні;

$h_{\text{стр}}$  – висота стропувального пристрою.

Необхідний виліт гака встановлюється за формулою (3.2):

$$L_{\text{виліт}} = l_x + l_1 + l_2, \text{ м} \quad (3.2)$$

де  $l_{\text{к}}$  – відстань між центром тяжіння елемента у проєктному положенні та найбільш виступаючою частиною будівлі, м;

$l_1$  – безпечний проміжок між краном і зовнішньою частиною споруди;

$l_2$  – половина ширини колії баштового крана, м.

Розрахункова вантажопідйомність визначається за формулою (3.3):

$$Q = Q_{\text{ел-ту}} + Q_{\text{стр.}} + Q_{\text{м.п.}}, \text{ т} \quad (3.3)$$

де  $Q_{\text{ел-ту}}$  – маса монтажного елемента;

$Q_{\text{стр.}}$  – маса стропувального оснащення;

$Q_{\text{м.п.}}$  – маса допоміжних монтажних пристроїв.

Після визначення зазначених параметрів виконується вибір конкретної моделі баштового крана, який відповідає умовам будівельного майданчика та параметрам монтажу.

Для даного об'єкта прийнято баштовий кран КБ-585-01, технічні характеристики якого наведено нижче:

– виліт стріли  $L_{\text{кр}} = 30$  м;

– вантажопідйомність  $Q_{\text{кр}} = 8$  т;

– висота підйому гака  $H_{кр} = 45 - 64$  м.

Вантажні характеристики наведені на рис. 3.2.

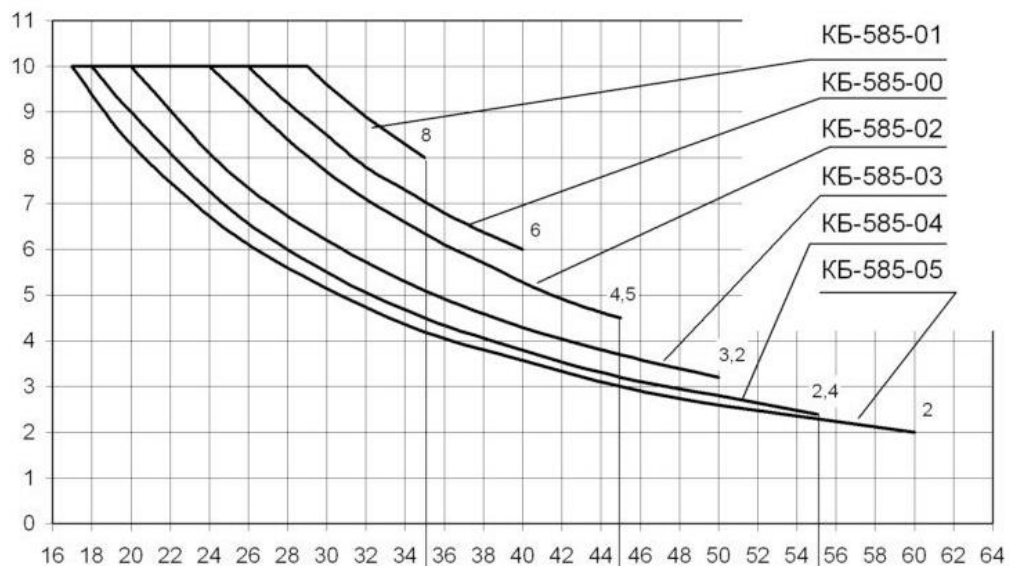


Рисунок 3.2 – Вантажні характеристики крану КБ-585-01 (зліва: вантажопідйомність (т), знизу виліт (м))

Вибраний механізм забезпечує необхідні умови для безпечного та ефективного виконання монтажних робіт на всіх рівнях дев'ятиповерхової споруди.

### 3.4 Технологічна карта на влаштування цегляної кладки

Технологічна карта є одним із ключових розділів проєкту виконання робіт, у якому визначено комплекс організаційно-технологічних заходів, що забезпечують ефективне, безпечне та якісне виконання будівельно-монтажних процесів.

Основне призначення технологічної карти – встановлення раціональної послідовності, методів і способів виконання робіт із мінімальними трудовими та матеріальними витратами, зниженням собівартості й підвищенням продуктивності праці.

Розроблення технологічних карт спрямоване на оптимізацію технологічних процесів і досягнення високих показників якості з дотриманням вимог безпеки та нормативів чинних ДБН і ДСТУ.

У даному проєкті розроблено технологічну карту на виконання кам'яної кладки стін із цегли типового поверху житлової будівлі, а також на супутні процеси:

- улаштування утеплювального шару в зовнішніх стінах;
- монтаж залізобетонних перемичок і плит перекриття;
- кладку внутрішніх стін і перегородок;
- установлення риштування;
- подачу матеріалів на робочі місця.

Технологічна карта складена для влаштування типового поверху на відмітці +7,000, де виконуються основні кам'яні та монтажні роботи.

До складу процесів, передбачених технологічною картою, входять:

- мурування зовнішніх і внутрішніх стін;
- улаштування підмашень і робочих настилів;
- монтаж плит перекриття;
- електрозварювання монтажних стиків;
- укладання теплоізоляційних вкладишів;
- замонолічування швів і стиків між елементами.

Подачу матеріалів на робочі місця передбачено виконувати баштовим краном КБ-585-01, який має виліт стріли 30 м і вантажопідйомність 8 т, що забезпечує покриття всієї робочої зони типового поверху.

Склад і чисельність бригад, залучених до виконання даного комплексу робіт, наведено в організаційній частині проєкту, де обґрунтовано їхню структуру, кваліфікаційний склад та режим роботи.

У процесі виконання кам'яної кладки стін робота у двочленній ланці («двійка») організовується таким чином.

Муляр 3-го розряду №1 встановлює рейку-порядовку, натягує причальний шнур, забезпечуючи точність геометрії кладки та дотримання

прямолінійності рядів. Муляр 3-го розряду №2 бере цеглу з піддона, розкладає її вздовж стіни у визначеній послідовності: для зовнішньої версти – ближче до внутрішньої межі, для внутрішньої – ближче до осі стіни.

Після цього муляр №2 розстеляє розчин по поверхні стіни, а муляр №1 виконує укладання зовнішньої та внутрішньої версти способом «впритиск». Надлишок розчину, що видавлюється під час кладки, муляр №1 підрізає кельмою, формуючи рівну поверхню шва.

Паралельно муляр №2 виконує розшивку швів, дотримуючись послідовності: спочатку вертикальні, потім горизонтальні. Для цього використовується двостороння розшивка – спершу ширшою частиною для формування профілю, потім вузькою для остаточного ущільнення.

Після завершення укладання зовнішньої версти муляр №2 переходить до виконання забутки, а муляр №1 допомагає йому у розподілі цегли та контролює точність перев'язки. Якщо проектом передбачено віконні або дверні прорізи, то під час кладки внутрішньої версти муляр №1 установлює просмолені дерев'яні пробки для закріплення віконних блоків.

Після завершення кладки муляр №1 перевіряє геометрію конструкції за допомогою косинця, рівня та рулетки. У разі виявлення відхилень проводиться коригування рядів за допомогою правила та молотка-кирочки. Після перевірки ланка переходить на наступну захватку або ярус.

Після завершення кладки на першому ярусі муляри переходять на другий. Для цього встановлюються шарнірно-паketні риштування у перше робоче положення.

Перед монтажем риштування такелажник 2-го розряду перевіряє їхню справність, усуває дефекти й очищає елементи від залишків розчину. Після цього конструкції стропуються за чотири зовнішні петлі. За сигналом машиніста крана підмостки подаються до місця встановлення, де теслярі 4-го та 2-го розрядів приймають риштування, вирівнюють їх над місцем монтажу та плавно опускають. Під час посадки контролюється щільність прилягання та

горизонтальність розташування. За необхідності положення коригується бруктами або підкладками, після чого риштування розстроповують.

Переведення риштування з першого в друге положення здійснюється за тією ж схемою: теслярі підвішують конструкцію за чотири петлі, подають сигнал машиністу крана, контролюють рівномірність розкриття опор та вертикальність стояків. Після встановлення риштування на перекриття проводиться вирівнювання, потім теслярі піднімаються сходами та виконують розстропування.

Перед початком монтажу плит перекриття мають бути виконані всі організаційно-підготовчі заходи відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», зокрема перевірка готовності основ, відповідності геометричних розмірів і стану опорних поверхонь проєктним даним.

Монтаж плит перекриття виконується безпосередньо з транспортних засобів, які доставляють елементи на будівельний майданчик. Укладання плит починають від сходової клітки, поступово просуваючись до зовнішніх стін. Стропування плит здійснюється за шість точок захоплення, розташованих у спеціально передбачених технологічних отворах.

Підйом і кантування елементів виконують за допомогою універсального вантажозахоплювального пристрою з кантувачем, який забезпечує переведення плити у горизонтальне положення під час монтажу та точне наведення на проєктне місце (рис. 3.3).

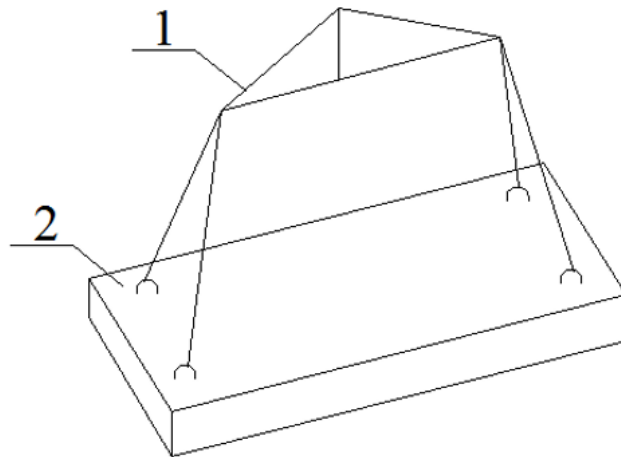


Рисунок 3.3 – Стропування багатопустотних плит  
1 – 4-х гілковий строп, 2 – панель перекриття

Монтаж плит перекриття проводять за технологічними захватками відповідно до проєктної послідовності. Перед початком робіт опорні поверхні ретельно очищають від залишків розчину, бруду, снігу або льоду. У літній період перед укладанням поверхню зволожують водою для покращення зчеплення з розчином.

Транспортні засоби, що використовуються в процесі монтажу, наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік машин, механізмів та обладнання

Найменування комплекту машин та обладнання	Технічна характеристика	Марка	К-сть
Кран монтажний	Баштовий кран	КБ-585-01	1
Транспортні засоби	Напівпричіп-панелевоз вантажопідйомністю 12 т з похилою платформою	ДЕК - 631А	2
	Тягач		2
Устаткування	Напівпричіп-панелевоз вантажопідйомністю 14 т	МАЗ-504А КамАЗ-5410	1 2
	Тягач		1
	Трансформатор зварювальний споживаною потужністю 32 кВ · А	ТД-500	1

Плити укладають на розчинну постіль завтовшки до 20 мм, яку рівномірно розстеляють по верхній площині стінових панелей. Монтаж елементів допускається лише після закріплення опорних конструкцій (тимчасового або постійного), що забезпечує сприйняття монтажних навантажень.

Після встановлення плити її положення у плані перевіряють за нанесеною розміткою, контролюючи збіг осей і розташування закладних деталей. Невеликі відхилення усувають рихтуванням монтажними брухтами. Горизонтальність положення перевіряють будівельним рівнем у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Якщо виявлено ухил, плиту піднімають, регулюють товщину розчинної постелі та повторно встановлюють у проектне положення.

Після остаточного вивірювання та суміщення плит перекриття їхні анкерні петлі з'єднують П-подібними скобами, які вставляють у кутах верхньої частини елементів. Далі виконується розструпування плити та електродугове зварювання підйомних петель із випусками арматури та закладними деталями суміжних панелей.

### **3.5 Календарне планування будівництва**

Календарний план будівництва – це ключовий документ у складі ПВР, який визначає логіку організації робіт на об'єкті. У ньому відображаються номенклатура та послідовність будівельних процесів, обсяги й трудомісткість, потреба в машинах і механізмах, чисельність і режим роботи бригад, а також тривалість окремих операцій і загальний строк зведення споруди. Його розробляють відповідно до чинних українських норм – ДБН А.3.1-5:2016 та ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 – на основі розрахованих трудовитрат, вибраних методів виконання та прийнятого складу комплексних бригад і ланок.

Структурно документ складається з двох взаємопов'язаних частин. Ліва частина подає техніко-економічну характеристику робіт – найменування

процесів, їхні обсяги, трудомісткість, потребу в ресурсах, змінність і нормативну або розрахункову тривалість. Права частина є графічним виразом календарної послідовності робіт – діаграмою, де відображено тривалість, взаємозв'язки та перерви між процесами. За однозмінної роботи хід процесу позначається однією суцільною лінією, за двозмінної – двома паралельними суцільними лініями з урахуванням меж зміни.

Для оцінки трудових ресурсів складають графік руху робітників у вигляді гістограми: по осі абсцис відкладається тривалість зведення об'єкта, а по осі ординат – загальна кількість працівників, задіяних у кожен календарний день. Висота стовпчиків гістограми відображає навантаження на персонал у різні періоди, що дозволяє виявити пікові дні та оцінити рівномірність використання трудових ресурсів.

На основі аналізу даних діаграми визначають максимальну чисельність працівників у найбільш завантажену зміну –  $N_{\max}$ . Її обчислюють шляхом підсумовування кількості робітників, що одночасно виконують роботи у вибраній зміні.

Значення  $N_{\max}$  застосовується далі при розробленні будівельного генерального плану – воно використовується для розрахунку площ побутових приміщень, тимчасового водопостачання, енергозабезпечення та інших елементів інфраструктури будівельного майданчика.

Згідно прийнятої технології зведення будівлі встановлюється порядок виконання та взаємозв'язок усіх будівельно-монтажних процесів. Це передбачає визначення можливості їх суміщення у часі, послідовності технологічних циклів, необхідних перерв, а також узгодження строків початку кожного виду робіт із моментом створення достатнього фронту для подальшого безперервного виконання операцій у запланованому темпі.

Такий підхід забезпечує раціональну організацію будівельного виробництва та рівномірне завантаження ресурсів протягом усього періоду зведення об'єкта. З метою спрощення календарного планування кількості

робіт, що виносяться на графік, скорочують порівняно з калькуляцією трудових витрат.

Допоміжні процеси – наприклад, монтаж або розбирання риштування, сортування матеріалів, передмонтажна підготовка, зачеканювання чи герметизація стиків, розшивання швів кладки, ґрунтування поверхонь перед фарбуванням – включають до складу основних робіт, оскільки вони є їх невід’ємною частиною або підвищують якість кінцевого результату. Крім того, у календарному графіку роботи з подібним характером або ті, що виконуються однією бригадою, об’єднують у спільні позиції.

Так, монтаж віконних блоків різних розмірів або влаштування монолітних фундаментів різного об’єму подають як єдиний процес. Аналогічно укрупнюють повторювані операції, такі як нанесення кількох шарів фарби. У підсумковій калькуляції для таких узагальнених або укрупнених видів робіт зазначають лише загальну чисельність робітників у бригаді та тривалість виконання процесу.

### **3.6 Проєктування будівельного генерального плану**

Будівельний генеральний план (будгенплан) є одним із ключових елементів проєкту організації будівництва, оскільки саме на його основі визначаються потреби об’єкта у тимчасових дорогах, комунікаціях, інженерних мережах, виробничих і побутових спорудах. Документ розроблено з урахуванням генерального плану будівлі, що споруджується в межах будівельного майданчика, обгородженого тимчасовим парканом для забезпечення безпеки та контролю доступу.

Будгенплан укладено на період монтажу надземної частини будівлі. До складу тимчасової інфраструктури, передбаченої планом, входять: навіс-склад для зберігання матеріалів, прохідна, санітарний блок, контора виконроба, побутове приміщення з кімнатою для сушіння одягу та тимчасова трансформаторна підстанція.

Усі споруди розміщені з урахуванням норм протипожежних розривів, зручності транспортного сполучення та безпечної організації праці. Збірні залізобетонні конструкції зберігаються на відкритих майданчиках у межах зони дії баштового крана. Між штабелями залишено проходи відповідно до нормативних вимог.

Елементи укладаються на дерев'яні прокладки, встановлені по вертикалі одна над одною, що забезпечує стійкість штабелів і запобігає пошкодженню конструкцій. Транспортне сполучення на будівельному майданчику забезпечується як існуючими дорогами, так і тимчасовими проїздами, утвореними із збірних залізобетонних дорожніх плит. Тимчасове водопостачання здійснюється через окрему мережу, підключену до постійної міської системи.

Для виконання робіт у дві зміни передбачено штучне освітлення зони монтажу, складування та основних проходів за допомогою прожекторних установок, що забезпечують нормативний рівень освітленості й безпечні умови праці у темний час доби.

### **3.6.1 Розрахунок площі тимчасових складів**

Проектування тимчасових складів починаємо з формування номенклатури ресурсів – визначаємо перелік і обсяги матеріалів, виробів та напівфабрикатів, що потребують зберігання, і складаємо відомість потреби. Запас має гарантувати безперервність робіт, але залишатися мінімальним, щоб не роздувати площі складів і витрати на їх улаштування.

Кількість матеріалу, що одночасно зберігається на складі, визначаємо за формулою (3.4):

$$P = \frac{Q \times n}{T} \times K, \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

де  $Q$  – загальна потреба за відомістю;

$n$  – норма запасу в добах;

$T$  – розрахункова тривалість використання матеріалу;

$K$  – коефіцієнт нерівномірності надходження та споживання (для попередніх розрахунків приймаємо  $K = 1,7$ ).

Потрібну площу,  $S$ , м<sup>2</sup>, складу обчислюємо за формулою (3.4):

$$S = \frac{P}{q} \times K_{ск} \quad (3.5)$$

де  $P$  – кількість матеріалу для одночасного зберігання;

$q$  – норма складування (кількість матеріалу на 1 м<sup>2</sup> корисної площі);

$K_{ск}$  – коефіцієнт використання площі з урахуванням проходів/проїздів, зон сортування, комплектування, тарування та зважування.

Величина  $q$  залежить від виду матеріалу й способу укладання – штабелі, стелажі, контейнери – а також від рівня механізації вантажно-розвантажувальних операцій.

Значення  $K_{ск}$  приймаємо з урахуванням планувальної схеми складу та руху техніки.

На будгенплані складу розміщуємо в зоні дії монтажного обладнання, ближче до місць укладання матеріалів у роботу та біля транспортних шляхів – це скорочує плечі внутрішньомайданчикової логістики. Розташування має відповідати вимогам пожежної безпеки та забезпечувати під'їзд спецтехніки.

Габарити складів у плані призначаємо з урахуванням номенклатури матеріалів, прийнятої схеми механізації та маневрових габаритів машин.

Ширина механізованих складів залежить від типу застосованої техніки – наприклад, для навантажувачів потрібні проїзди, що забезпечують безпечний розворот і розміщення піддонів, для кранів – коридори під наведення вантажу й робочі відстані до штабелів.

### 3.6.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд

На території будівельного майданчика необхідно передбачити розміщення комплексу адміністративно-побутових тимчасових будівель, до складу яких входять: контора робіт, роздягальня, приміщення для приймання їжі, душові, санітарні вузли та прохідна.

Кількість і площа цих будівель визначаються відповідно до максимальної чисельності працівників, що перебуватимуть на об'єкті в одну зміну. Згідно з календарним графіком та графіком руху робочої сили, найбільша кількість робітників у зміну становить 27 осіб.

Розрахунок проведено в табличному вигляді та наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок тимчасових будівель та споруд

№ п/п	Найменування тимчасових споруд	Число робітників	Норма одного робочого, м <sup>2</sup>	Розрах. площа, м <sup>2</sup>	Розміри, м х м
1	2	3	4	5	6
1	Контора будівництва	3	0,5	15,4	3×6×3
2	Вбиральня	27	0,5	15,7	3×6×2,9
3	Душові	27	1	24,1	9×3×3
4	Їдальня (буфет)	27	2	24,3	3×9×2,9
5	Медпункт	27	2	15,5	3×6×2,9
6	Вбиральня	27	2	1,4	1,3×1,2×2,4

Для забезпечення належного управління та контролю за виконанням робіт додатково враховують інженерно-технічний персонал, чисельність якого приймають на рівні 10 % від загальної кількості робітників.

Отримані показники використовуються для визначення необхідної місткості тимчасових побутових споруд і розрахунку їхніх площ згідно діючих нормативів.

### 3.6.3 Розрахунок потреби у водопостачанні

На будівельному майданчику воду використовують для трьох груп потреб: виробничо-будівельних, господарсько-питних та протипожежних. Розрахункову секундну витрату для об'єкта,  $q_{\text{розр}}$ , визначають як суму витрат за цими напрямками –  $q_{\text{вир}}$ ,  $q_{\text{госп}}$ ,  $q_{\text{душ}}$  (3.6):

$$q_{\text{розр}} = q_{\text{вир}} + q_{\text{госп}} + q_{\text{душ}}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.6)$$

Витрату на виробничо-будівельні потреби,  $q_{\text{вир}}$ , задають окремою формулою, яка враховує інтенсивність робіт у максимальну зміну та характеристики споживачів води (3.7):

$$q_{\text{вир}} = 1,2 \times \frac{\sum S \times A_i \times K_{\text{год},i}}{n \times 3600}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.7)$$

де  $S$  – кількість одиниць транспорту, установок або обсяг робіт у піковій зміні;

$A_i$  – змінна норма витрати води на  $i$ -ту установку чи операцію, л/зміну;

$K_{\text{год},i}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання для  $i$ -того споживача;

$n$  – число годин у зміні, прийнята 8 год;

Загальна витрата води на виробничі потреби наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Визначення витрати води

Найменування роботи, машини	Од. змін.	<i>S</i>	<i>A</i> <sub>л</sub>	<i>A</i> × <i>S</i>	<i>D</i> <sub>о, год</sub>
Приготування бетонної суміші	м <sup>3</sup>	2	250	500	1,5
Механізоване промивання гравію	м <sup>3</sup>	15	850	12750	1,5
Оштукатурювання при готовому розчині	м <sup>3</sup>	20	4	80	1,5
Влаштування щебеневої підготовки поливкою водою з	м <sup>3</sup>	40	700	28000	1,5
Заправка, живлення, промивання автомобіля	шт.	10	350	3500	2
Заправка, живлення, промивання екскаватора ЕО-3322А	шт.	1	7	7	2
Душ	чол.	39	30	1170	1,5
Їдальня	чол.	39	15	585	1,5
РАЗОМ				71641.5	

Таким чином, визначаємо виробничу витрату води:

$$q_{\text{пр}} = 1,2 \cdot \frac{71641,5}{8 \cdot 3600} = 2,99 \text{ л/с}$$

Для визначення пікового навантаження обирають добу з найбільш щільним поєднанням водомістких процесів. У нашому випадку це день, коли одночасно ведуться штукатурні роботи та виконується ущільнення ґрунту щебенем. Розчин для штукатурення доставляється авторозчиновозом; щебінь привозять двома автомобілями та розрівнюють бульдозером.

На обраний день окремо підраховують витрату води для кожного з процесів і для роботи машин/транспорту, після чого сумують внески, отримуючи  $q_{пр}$ .

Господарсько-питну складову  $q_{госп}$  визначають за відповідними нормами забезпечення персоналу, з урахуванням змінності та можливих коефіцієнтів нерівномірності (3.8):

$$q_{вир} = 1,2 \times \frac{\sum_S S \times A_i \times K_{год,i}}{n \times 3600}, \frac{\text{л}}{\text{с}} \quad (3.8)$$

де  $n_p$  – кількість працівників в зміну, максимальна, чел;

$n_1$  – норма витрати води на чел., зміна, приймається 25 л;

$n_2$  – споживання води на прийом душу, 25 л, на одного працівника, чел;

$K_{год}$  – коефіцієнт нерівномірного споживання, прийнято 3,0.

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує відношення тих, хто користується душем до максимальної кількості працівників (приймається від 0,3 до 0,4).

$$q_{госп} = \frac{39}{3600} \cdot \left( \frac{25 \cdot 3}{8} + 10 \cdot 0,3 \right) = 0,13 \text{ л/с}$$

Протипожежну витрату  $q_{пож}$  приймають за вимогами пожежної безпеки для будмайданчиків з урахуванням одночасності можливих осередків займання та необхідного напору (3.9):

$$q_{пож} = 2 \cdot q_{шт} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ л/с} \quad (3.9)$$

Підсумкова секундно-розрахункова витрата  $q_{розр}$  формується додаванням трьох складових; значення використовують для підбору діаметрів тимчасових водопровідних ліній, насосного обладнання та перевірки напорів у контрольних точках мережі.

$$q_{\text{розр}} = q_{\text{вир}} + q_{\text{госп}} + q_{\text{пож}} \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$q_{\text{розр}} = 2,99 + 0,2 + 10 = 13,19 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Маємо змогу визначати діаметр тимчасового трубопроводу для водопостачання будмайданчику (3.10):

$$D = 2 \sqrt{\frac{q_{\text{рас}} \cdot 1000}{\pi \cdot V}}, \text{мм} \quad (3.10)$$

де  $V$  – швидкість руху води, приймаємо 1,5 м/с.

$$D = 2 \sqrt{\frac{13,19 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,5}} = 106 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку підбираємо найближчий стандартний діаметр труб, що виготовляються промисловістю. Для тимчасового водопроводу приймається діаметр труб  $D = 150$  мм.

Далі визначаємо основні точки водоспоживання та прокладаємо на будівельному генеральному плані схему тимчасової водопровідної мережі. Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки на генплані передбачаємо розміщення пожежних гідрантів із кроком 100–150 м, на відстані не більше 2,5 м від проїжджої частини дороги.

При цьому віддаленість гідрантів від споруд, що зводяться, повинна бути не меншою ніж 5 м і не більшою ніж 50 м, що відповідає вимогам протипожежних норм.

### 3.6.4 Визначення потреби в електропостачанні

Потребу в електроенергії та засобах її перетворення визначаємо, виходячи з витрат на роботу машин і механізмів, а також на внутрішнє та зовнішнє освітлення.

Проектування тимчасового електропостачання виконуємо так: на будгетплані позначаємо точки споживання (механізми, освітлення), визначаємо змінну витрату електроенергії, розраховуємо потрібну потужність, підбираємо трансформатор і наносимо трасу тимчасової мережі з місцем установки підстанції.

Розрахункова встановлена потужність джерела на будмайданчику, кВт  
(3.11):

$$P = K \left( \frac{P_1 K_1}{\cos\phi_1} + \frac{P_2 K_2}{\cos\phi_2} + P_3 K_3 + P_4 K_4 + P_5 K_5 \right), \text{ кВт} \quad (3.11)$$

де  $K$  – коефіцієнт урахування втрат у мережі, приймаємо 1,10;

$P_1$  – сумарна потужність електродвигунів машин, установок та інвентарних будівель, кВт (беремо за паспортами й довідниками);  $K_1$  – коефіцієнт одночасності для двигунів (до 5 шт. – 0,6);

$P_2$  – сумарна потужність для окремих видів будівельно-монтажних процесів, кВт (за довідниками);  $K_2$  – коефіцієнт одночасності технологічних споживачів (0,4);

$P_3$  – потужність приладів внутрішнього освітлення, кВт;  $K_3$  – коефіцієнт одночасності внутрішнього освітлення (0,8);

$P_4$  – потужність приладів зовнішнього освітлення, кВт;  $K_4$  – коефіцієнт одночасності зовнішнього освітлення (0,9);

$P_5$  – сумарна потужність зварювальних трансформаторів, кВт;  $K_5$  – коефіцієнт одночасності для них (за наявності 5–8 шт. – 0,5).

Перелік основних споживачів електричної енергії на будівельному майданчику наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Перелік споживачів електричної енергії

Найменування споживачів	Од. змін.	К-сть. од.	Потужність Р, кВт, на одиницю виміру	Загальна потужність споживача Р <sub>i</sub> , кВт	K <sub>i</sub>	cosφ <sub>i</sub>
1	2	3	4	5	6	7
<i>1. Силові споживачі</i>						
Кран КБ-585-01	шт	1	125	125	0,5	0,7
Бетонозмішувач РН200	шт	5	2,2	11	0,5	0,7
<i>2. Технологічні споживачі</i>						
Розчинонасос	шт.	2	2.2	4,4	0,4	0,8
<i>3. Внутрішнє освітлення</i>						
Криті склади	100 м <sup>2</sup>	1,62	1,10	1.78	0,80	1
Контора виконроба	100 м <sup>2</sup>	0,15	1,20	0.18	0,80	1
Роздягальня	100 м <sup>2</sup>	0,2	1,20	0.24	0,80	1
Їдальня	100 м <sup>2</sup>	0,78	1,20	0.94	0,80	1
<i>4. Зовнішнє освітлення</i>						
Робочі місця: монтажників	1000 м <sup>2</sup>	0,6	1,1	0,66	0,9	1
мулярів	1000 м <sup>2</sup>	0,5	0,7	0,35	0,9	1
Відкриті склади	1000 м <sup>2</sup>	0,07	0,8	0,06	0,9	1
Загальне освітлення будмайданчика	1000 м <sup>2</sup>	2,5	1,5	3,75	0,9	1
<i>5. Зварювальні трансформатори</i>						
Зварювальний трансформатор	шт.	4	15,3	61,2	0,4	0,8
РАЗОМ з урахуванням K <sub>i</sub> і cosφ <sub>i</sub>				209.6		

Проводимо розрахунок необхідної потужності трансформатора згідно даних в таблиці 3.5..

$$P = 1,1 \cdot \left( \frac{180 \cdot 0,6}{0,7} + \frac{14 \cdot 0,4}{0,8} + 1,2 \cdot 0,8 + 1,3 \cdot 0,9 + 30,6 \cdot 0,5 \right) = 179 \text{ кВт}$$

Необхідну потужність трансформаторів визначаємо з урахуванням збігу навантажень (3.12):

$$P_p = P \times K_{\text{мн}} \quad (3.12)$$

де  $K_{\text{мн}}$  – коефіцієнт ймовірності одночасного використання споживачів енергії навантажень, приймаємо 0,8.

$$P_p = 179 \cdot 0,8 = 143,2 \text{ кВт}$$

Після визначення  $P_r$  підбираємо тип і потужність трансформаторної підстанції, розташовуємо її на будгенплані з урахуванням безпечних відстаней, зручності під'їзду та мінімізації довжин тимчасових кабельних ліній.

Опалення тимчасових побутових і виробничих приміщень передбачається електричними масляними радіаторами. Тимчасове електропостачання об'єкта приймаємо від наявної комплектної однотрансформаторної підстанції КТП-АС із установленою потужністю 240 кВт.

### 3.6.5 Перелік техніко-економічних показників БГП

Після завершення розроблення будівельного генерального плану проводимо оцінку його техніко-економічних показників, які відображають ефективність використання території будмайданчика та раціональність розміщення тимчасових споруд і мереж.

Перелік основних показників наведено в табл. 3.6.

Таблиц 3.6 – Техніко-економічні показники БГП

№ з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Значення
1	Загальна довжина тимчасових доріг	м	147,69
2	Протяжність тимчасових водопровідних мереж	м	254,5
3	Протяжність тимчасових електричних мереж	м	290
4	Загальна довжина тимчасових огорож	м	360
5	Коефіцієнт використання площі БГП ( $k = S_{vr} / S$ )	–	менше значення → економічніше рішення

Коефіцієнт використання площі будівельного генерального плану визначають як відношення площі, зайнятої тимчасовими спорудами ( $S_{тим}$ ), до загальної площі майданчика ( $S$ ) (3.13):

$$K_n = \frac{S_{вр}}{S} = \frac{32,9}{652,95} = 0,05 \quad (3.13)$$

Чим менше значення цього коефіцієнта, тим раціональніше використовується площа будівельного майданчика і, відповідно, економічнішим є прийняте планувальне рішення.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

### 4.1 Розрахунок вартості загальнобудівельних робіт

Локальний кошторис є основним кошторисним документом, який використовується для визначення вартості окремих видів будівельно-монтажних робіт, зокрема загальнобудівельних. Його складання виконується відповідно до вимог «Настанови з визначення вартості будівництва» (КНУ) на основі робочих креслень, відомостей обсягів робіт, специфікацій матеріалів, а також діючих кошторисних нормативів і поточних цін. Локальний кошторис відображає реальні витрати, необхідні для виконання робіт на конкретному будівельному об'єкті, і є вихідним документом для складання об'єктного кошторису та зведеного кошторисного розрахунку.

У процесі розробки локального кошторису визначається склад і обсяг загальнобудівельних робіт, до яких належать земляні, бетонні, кам'яні, опоряджувальні, покрівельні, ізоляційні, монтаж металевих і залізобетонних конструкцій та інші види робіт, що забезпечують створення основних конструктивних елементів будівлі. Для кожного виду робіт встановлюються обсяги згідно з проектною документацією, після чого визначаються прямі витрати, які включають оплату праці робітників, вартість матеріалів, виробів і конструкцій, а також витрати, пов'язані з експлуатацією машин та механізмів.

До складу локального кошторису входять також загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, прибуток підрядника та інші супутні статті, що формують підсумкову кошторисну вартість робіт. Усі розрахунки виконуються з урахуванням сучасних нормативних показників трудомісткості, машинного часу та матеріальних ресурсів.

До кошторису додається відомість ресурсів, у якій відображено всі матеріальні, трудові та технічні ресурси, необхідні для виконання запроєктованих робіт. Ця відомість дозволяє оцінити структуру витрат, визначити обсяги матеріалів і трудових ресурсів, а також забезпечити контроль за їх використанням.

Підсумкова кошторисна вартість визначає фінансову потребу на виконання загальнобудівельних робіт і використовується для формування договірної ціни, планування графіка фінансування будівництва, контролю витрат та аналізу економічної ефективності проекту.

Локальний кошторис виконує важливу роль у системі організації будівництва, оскільки поєднує технічну сторону процесу виконання робіт із економічним обґрунтуванням їх вартості. Саме на його основі здійснюється узагальнення даних в об'єктному кошторисі та зведеному кошторисному розрахунку, що визначають загальну вартість будівництва об'єкта в цілому.

Локальний кошторис розраховано з використанням програмного забезпечення Будівельні технології – Кошторис 8 на загальнобудівельні роботи та наведено в Додатку А.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

### 5.1 Загальні положення з техніки безпеки

Роботи з монтажу плит перекриття виконуються з дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення та Правил охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт, НПАОП 45.2-7.03-17 Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках

Проведення монтажних робіт на висоті допускається лише за сприятливих погодних умов. Забороняється виконувати роботи у відкритих зонах при швидкості вітру понад 15 м/с, під час ожеледиці, грози, сильного снігопаду або туману, що обмежує видимість у межах фронту робіт.

Починаючи з другого поверху, по периметру будівлі та навколо технологічних отворів необхідно встановлювати інвентарні переносні огороження, які відповідають вимогам ДБН А.3.2-2-2009.

Під час переміщення плит перекриття монтажники повинні перебувати поза контуром елемента, що встановлюється, з боку, протилежного напрямку подачі, щоб уникнути потрапляння у небезпечну зону. Плити встановлюють плавно, без поштовхів і ударів по суміжних конструкціях.

Монтажник, який працює на перекритті, зобов'язаний користуватися запобіжним поясом із карабіном, який закріплюють за сталевий трос або інший надійно змонтований елемент під контролем майстра (виконроба). Запобіжні пояси мають бути обладнані амортизувальними пристроями типу ЦВУ-2, що знижують силу ривка і виключають ризик травмування при можливому зриві.

Категорично заборонено пересування монтажників по торцях панелей або незакріплених елементах стін.

Під час монтажу першої плити перекриття робітники приймають елемент із пересувних риштовань або драбин, дотримуючись інструкцій

майстра. Наступні плити монтують, перебуваючи на вже встановлених елементах перекриття.

Аналіз потенційних небезпек при зведені безкаркасних житлових будівель наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Потенційні небезпеки при зведені житлової будівлі

№	Небезпека / джерело	Ймовірні наслідки	Контрольні заходи та ЗІЗ	Етап робіт
1	Поворот/перекидання незакріплених цегляних стін під вітровим навантаженням	Травми, обвалення	Тимчасові розпірки, пояси жорсткості, поетапне анкерування до діафрагм жорсткості, ліміти висоти муру за зміну; каски, рукавиці	Мурування
2	Падіння з висоти з риштувань / перекриттів	Тяжкі травми	Огородження $\geq 1,1$ м, бордюрні планки, страхувальні пояси, перевірка риштувань, безпечні переходи; ЗІЗ: каска, системи утримання	Висотні
3	Падіння предметів зверху (цегла, інструмент, елементи кріплень)	Травми голови	Сітки/навіси, зонування небезпечних зон, заборона роботи під вантажем, каски, фіксація інструменту	Усі
4	Кранові операції: зрив вантажу, бокове занесення	Травми, пошкодження конструкцій	Сертифікована тара/стропи, погодні ліміти, зв'язок «машиніст–стропальник», відсутність людей у зоні, плавне наведення вантажу	Монтаж плит/перемичок
5	Проривання/зсув розчинної постелі, неправильне спирання плит	Локальне руйнування	Контроль товщини постелі, очищення опор, повторне вивіряння рівня, тимчасове кріплення до суміжних плит	Монтаж перекриттів
6	Провали в отвори перекриттів/шахти	Тяжкі травми	Тимчасові настили, огороження отворів, маркування	Висотні

Кінець таблиці 5.1.

7	Обвал стін/котлованів при земляних роботах	Травми, зсув ґрунту	Кут укосу/кріплення стінок, дренаж, відведення води, заборона складування ґрунту на бровці	Нульовий цикл
8	Зварювання: опіки, пожежа, електротравма	Опіки, займання	Атестований зварювальник, екрани негорючі $\geq 1,8$ м, вогнегасники, заборона ЛЗР у радіусі 10 м, погодні ліміти	Закріплення елементів
9	Пил цегляний/різання – респіраторні ризики	Подразнення, силікоз при тривалому впливі	Мокре різання, локальна вентиляція, респіратори класу FFP2/FFP3	Різання/шліфування
10	Ергономіка: ручне перенесення цегли/розчину	Перевантаження, травми спини	Підйомники, приймальні помости, тара, ротація, навчання техніці підйому	Мурування
11	Хімічні добавки у розчинах	Опіки шкіри/очей	Окуляри, рукавиці, душ-станція/умивальник, маркування тари, інструктаж	Приготування розчинів
12	Електробезпека тимчасових мереж	Ураження струмом	ПЗВ, заземлення, перевірка кабелів, сухі зони, дозволені подовжувачі	Усі
13	Погодні умови: вітер $\geq 15$ м/с, обмерзання	Падіння, втрати стійкості	Призупинення робіт, очищення від льоду/снігу, антислизькі настили	Висотні/монтаж
14	Тимчасова нестійкість безкаркасної схеми до формування диска перекриття	Прогресуюче руйнування	Шовні анкери, зв'язі, термінове з'єднання плит у диск, регламенти черговості робіт	Монтаж стін/плит

Монтажник-електрозварювальник, який виконує з'єднання елементів, повинен пройти атестацію відповідно до вимог чинних “Правил атестації зварників” та мати посвідчення кваліфікованого спеціаліста.

У радіусі не менше 10 м від місця проведення зварювальних робіт забороняється розміщувати або зберігати горючі та легкозаймисті матеріали..

Електрозварювальні роботи виконуються зварювальниками, які пройшли атестацію відповідно до чинних НПАОП 0.00-1.16-96 Правила

атестації зварників та мають відповідне посвідчення кваліфікованого спеціаліста.

У радіусі 10 м від місця проведення зварювання забороняється зберігати або розміщувати легкозаймисті матеріали. Не допускається виконання зварювальних робіт під час дощу, грози, сильного снігопаду чи при вітрі понад 15 м/с без відповідних захисних укриття.

Робочі місця електрозварювальників мають бути відокремлені від суміжних зон екранами або щитами з негорючих матеріалів заввишки не менше 1,8 м. Забороняється поєднувати на одному робочому місці зварювальні роботи з укладанням теплоізоляційного шару.

Ємності з розчином розміщують у місцях стикування плит перекриття, переважно над панелями внутрішніх стін. Під час приготування розчинів із використанням хімічних добавок необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту для запобігання опікам шкіри та ушкодженню очей.

Технологія будівельного виробництва, прийнята у цьому проєкті, забезпечує чітку взаємодію організаційних, технічних і технологічних рішень, спрямованих на досягнення проєктної якості, безпеки та заданих термінів виконання робіт.

У межах даної технологічної карти розглянуто процес улаштування типового поверху, при цьому враховано всі фактори, що впливають на якість, темпи й безпечність виконання робіт. Використання сучасних монтажних технологій та засобів механізації дало змогу забезпечити раціональність, точність і економічність виробничого процесу.

Виконання електрозварювальних робіт допускається лише за сприятливих погодних умов та в безпечних робочих зонах. Забороняється проводити зварювання у незахищених місцях під час дощу, грози, сильного снігопаду, а також при швидкості вітру 15 м/с і більше без спеціальних укриттів або тимчасових захисних споруд.

Робочі місця зварювальників повинні бути ізольовані від суміжних ділянок і проходів негорючими екранами або щитами висотою не менше 1,8 м, що запобігає розповсюдженню іскор та зварювального випромінювання.

Не допускається поєднання зварювальних робіт із процесом укладання теплоізоляційного шару на одному робочому місці, щоб уникнути займання матеріалів і термічного пошкодження ізоляції.

Ємності з розчином необхідно розміщувати лише в місцях стикування плит перекриття, тобто над панелями внутрішніх стін, де забезпечується їхня стійкість і безпечний доступ робітників.

Під час приготування будівельних розчинів із використанням хімічних добавок слід дотримуватись вимог ДСТУ EN ISO 45001:2019 і використовувати засоби індивідуального захисту – гумові рукавиці, захисні окуляри та спецодяг, що унеможливорює опіки шкіри й ушкодження очей.

Технологія будівельного виробництва, прийнята у даному проєкті, забезпечує послідовність, узгодженість і керованість усіх організаційних, технічних і технологічних рішень, спрямованих на досягнення кінцевого результату – якісного зведення будівлі у встановлені терміни.

У межах технологічної карти, наведеної в Розділі 3 даного дипломного проєкту розглянуто процес улаштування типового поверху, в якому враховано всі чинники, що впливають на якість, безпеку та ефективність робіт. Застосування сучасних методів монтажу, технічних засобів і контролю забезпечує оптимальне поєднання якості, швидкості та економічності виконання будівельно-монтажних процесів.

## **5.2 Пожежна безпека на будівельному майданчику**

Усі виробничі території будівництва повинні бути обладнані справними первинними засобами пожежогасіння – вогнегасниками, ящиками з піском, пожежними щитами та резервуарами з водою, кількість і тип яких визначаються чинними нормативами.

Протипожежне водопостачання об'єкта необхідно влаштувати ще до початку основного етапу будівельних робіт. Його слід забезпечити за допомогою гідрантів, під'єднаних до тимчасової або постійної водопровідної мережі, або від природних чи штучних водойм, обладнаних пірсами чи майданчиками для під'їзду пожежних автомобілів.

Внутрішній водопровід і передбачені проектом автоматичні системи пожежогасіння монтуються одночасно із процесом зведення споруди. Введення в експлуатацію протипожежного водопроводу здійснюється до початку оздоблювальних робіт, а систем пожежогасіння – на етапі пусконаладжувальних робіт.

Пожежна безпека має забезпечуватися протягом усього періоду будівництва. Особлива увага приділяється дотриманню вогнестійкості несучих та огорожувальних конструкцій, що визначається проектними і нормативними вимогами. Територія будівельного майданчика повинна бути впорядкована: дороги та проїзди мають утримуватися вільними від будівельних матеріалів, сміття й обладнання. Відстань від основних і підсобних будівель до доріг не повинна перевищувати 25 метрів, щоб забезпечити безперешкодний проїзд пожежної техніки. У темний час доби дороги, під'їзди, місця розташування вододжерел і пожежних постів повинні бути освітлені.

Лісоматеріали, що зберігаються на території майданчика, необхідно укладати у штабелі з дотриманням протипожежних розривів не менше ніж 15–30 метрів від будівель, які споруджуються. Такі розриви запобігають поширенню полум'я у разі займання та забезпечують безпечний доступ пожежних підрозділів до потенційних осередків загоряння.

Дотримання вимог пожежної безпеки на всіх етапах зведення будівлі є необхідною умовою стабільної та безпечної роботи будівельного майданчика, що гарантує захист персоналу, споруд і техніки від дії вогню та наслідків надзвичайних ситуацій.

Склади легкозаймистих і горючих рідин, лаків та фарб слід розміщувати з урахуванням їхньої місткості та способу зберігання, дотримуючись протипожежних розривів від 18 до 36 метрів до найближчих будівель та споруд. Зберігання таких речовин у підвальних приміщеннях категорично забороняється, оскільки це створює підвищену небезпеку займання та вибуху парів.



Рисунок 5.1 – Плакат щодо пожежної безпеки

Тимчасові електромережі на будівельному майданчику необхідно виконувати з ізольованого дроту, закріпленого на надійних опорах. Висота підвішування проводів має становити не менше 2,5 м у робочій зоні, 3,5 м над проходами і 6 м над проїздами. Якщо монтаж здійснюється нижче цих відміток, проводка повинна бути прокладена в металевих трубах або захисних коробах. Для освітлення застосовують електролампи з напругою 127 або 220 В, а в місцях із підвищеною небезпекою – світильники з напругою до 36 В, що відповідає вимогам безпечної експлуатації тимчасових електроустановок.

Будівельний майданчик має бути обладнаний системою оперативного оповіщення та засобами зв'язку для швидкого виклику пожежно-рятувальної

служби. Усі робочі зони повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, зокрема переносними вогнегасниками, ящиками з піском, пожежними щитами, бочками з водою та іншим інвентарем згідно з НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», у місцях, де зберігаються або використовуються горючі чи легкозаймисті матеріали, куріння категорично заборонено. Використання відкритого вогню допускається лише поза 50-метровою зоною від складів або місць приготування горючих сумішей і тільки за наявності відповідного наряду-допуску.

Усе протипожежне обладнання має перебувати у справному та працездатному стані. Доступ до вогнегасників, гідрантів, пожежних щитів і резервуарів повинен бути вільним і позначеним пожежними інформаційними знаками.

На робочих місцях, де застосовуються або готуються клеї, мастики, фарби та інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні або токсичні пари, заборонено проводити зварювальні чи інші роботи, пов'язані з утворенням іскор або відкритого полум'я. Такі ділянки повинні мати ефективну вентиляцію, що забезпечує видалення шкідливих парів і газів. Електроустановки, які обслуговують ці зони, необхідно виконувати у вибухозахищеному виконанні.

Повинні бути передбачені засоби запобігання накопиченню статичної електрики – заземлення металевих частин, використання антистатичних матеріалів і підтримання оптимальної вологості повітря.

### **5.3 Охорона праці при роботі на майданчиках з баштовим краном**

Під час зведення житлових будівель використання баштових кранів є необхідним, але водночас створює підвищену небезпеку для працівників. Тому дотримання вимог охорони праці під час експлуатації

вантажопідіймальних кранів є обов'язковою умовою безпечного виконання робіт. Усі операції повинні проводитися відповідно до нормативних документів і технічних інструкцій, затверджених для таких видів робіт (рис. 5.2.).



Рисунок 5.2 – Приклад використання баштового крану при зведенні цегляної будівлі

До керування баштовим краном допускаються лише повнолітні працівники, які пройшли спеціальне навчання, перевірку знань, отримали посвідчення кранівника та медичний допуск. Перед початком роботи кран підлягає технічному огляду та випробуванню під керівництвом відповідальної

особи. Необхідно перевіряти стан механізмів, гальм, канатів, системи управління та обмежувачів підйому. Робоча зона повинна бути очищена від сторонніх предметів, а перебування людей у межах дії стріли або під піднятим вантажем категорично забороняється.

Вантажопідйомність крана не може перевищувати значення, встановлені в паспорті обладнання. Піднімати вантажі, що примерзли або прикріплені до землі, не дозволяється. Схеми стропування вантажів наведені на рис. 5.3.

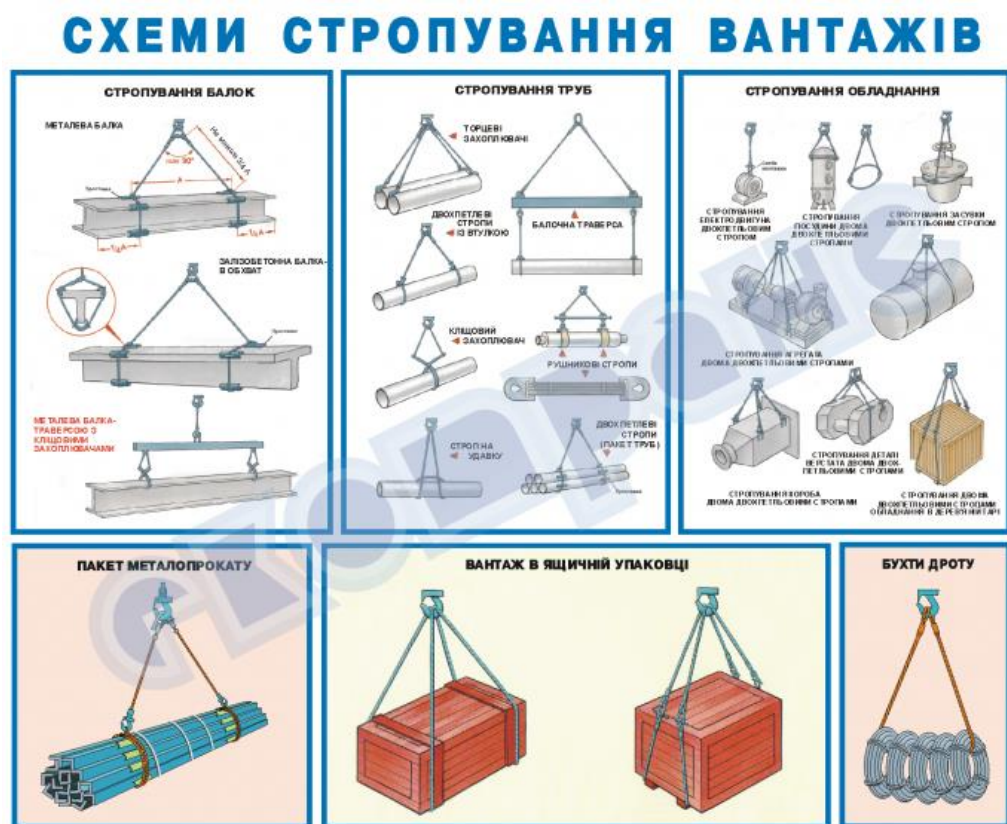


Рисунок 5.3 – Схема стропування вантажів

Усі рухи стріли, підйом і переміщення вантажу виконуються плавно, без ривків. Зона роботи крана має бути огорожена та позначена попереджувальними знаками із написами «Небезпечна зона» та «Не стій під вантажем». Під час роботи в умовах обмеженої видимості або при швидкості вітру, що перевищує допустиму, експлуатація крана заборонена.

Особливу увагу приділяють технічному стану обладнання. Щозміни машиніст проводить зовнішній огляд крана, перевіряє механізми, канати, гак, сигналізацію, справність гальм і фіксує результати у вахтовому журналі. Технічне обслуговування проводиться регулярно згідно з інструкціями заводу-виробника. Не допускається експлуатація крана без справного заземлення, захисних пристроїв і обмежувачів. При виявленні несправностей кран негайно зупиняють до усунення недоліків.

На будівельних майданчиках житлових будівель, де одночасно працює велика кількість працівників, особливо важливо забезпечити належну організацію робіт. Зона дії крана повинна бути чітко визначена, а розташування матеріалів і тимчасових споруд – сплановане так, щоб виключити ризик перебування людей під стрілою. Під час стропування вантажів необхідно використовувати справні стропи, гаки із запобіжними замками, а стропальники повинні мати відповідну кваліфікацію.

Безпечне виконання робіт забезпечується не лише технічними засобами, але й організаційними заходами. Керівник дільниці або відповідальний майстер зобов'язаний контролювати дотримання правил охорони праці, перевіряти справність кранів, стежити за правильністю виконання підйомних операцій і проведенням профілактичних оглядів. Кожен працівник, який бере участь у роботі з кранами, повинен знати правила безпечної експлуатації, порядок дій у разі аварійної ситуації та негайно повідомляти про будь-які порушення або несправності.

## РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

### **6.1 Оптимізація управлінських рішень через інтеграцію системи контролю виробництва в умовах цифрової трансформації будівництва**

У сучасних умовах будівельна галузь переживає стрімку цифрову трансформацію, що суттєво впливає на способи організації та контролю виробничих процесів. Постійні зміни і глобальні виклики (зокрема наслідки військових конфліктів, природних катастроф та економічної нестабільності) вимагають від будівельних підприємств швидкої адаптації до нових реалій.

Традиційні ієрархічно-бюрократичні моделі управління виявляються інертними до змін і не забезпечують належного рівня гнучкості у кризових ситуаціях. За таких умов актуальним стає впровадження адаптивного управління, що базується на гнучкості, швидкому реагуванні та використанні можливостей цифрового середовища. Цифрові технології забезпечують унікальні можливості для оптимізації і підвищення ефективності будівельного виробництва, проте їх результативне застосування потребує відповідної перебудови управлінської архітектури і контурів прийняття рішень.

Цей розділ дипломного проєкту присвячений обґрунтуванню методів оптимізації управлінських рішень шляхом інтеграції системи контролю виробництва в управлінський процес будівельного проєкту за умов цифровізації галузі.

У розділі розглянуто:

по-перше, концепцію адаптивного управління як основу підвищення стійкості (резильєнтності) та ефективності виробничого контролю;

по-друге, роль цифрового середовища у формуванні гнучкої архітектури управлінських рішень;

по-третє, підходи до інтеграції сучасних систем контролю в існуючий управлінський контур, включаючи логіку впровадження, потенційні ризики та очікувані результати.

Проведемо аналіз вказаних аспектів та узагальнені висновки щодо практичного впровадження адаптивних систем у будівельні проекти.

1. Адаптивне управління як основа підвищення стійкості та ефективності виробничого контролю

Будівельні проекти характеризуються високим рівнем невизначеності та мінливості умов: змінюється доступність робочої сили, затримуються постачання, впливають погодні умови, вносяться корективи у проектні рішення. У таких умовах принципи забезпечує гнучкість і стійкість виробничого контролю, дозволяючи оперативно реагувати на відхилення та підтримувати ефективність виконання робіт.

В основі адаптивного підходу – перехід від жорсткого планування до динамічного циклу ухвалення рішень, що постійно коригуються на основі фактичних даних. Так, на рівні будівельного проекту адаптивна система контролю розглядає управління виробництвом як замкнений цикл, який безперервно відслідковує реальний прогрес виконання робіт і наявні обмеження, інтерпретує виявлені відхилення від запланованого ходу та ініціює цільові коригувальні дії.

Інтеграція такого циклу в процес управлінських рішень підвищує своєчасність та якість реакції, оскільки інформація, повноваження і дії концентруються в єдиному контурі управління, мінімізуючи затримки і виключаючи неузгодженість.

Ключові принципи адаптивного управління (рис. 6.1) в контексті будівельного виробництва можна окреслити таким чином:

– Постійне відстеження зовнішніх умов і раннє виявлення факторів, що можуть вплинути на хід будівництва (ринкові коливання, регуляторні зміни, форс-мажори тощо). Завдяки цьому управлінці отримують можливість завчасно передбачати потенційні проблеми і готувати превентивні заходи.

– Регулярна оцінка ризиків проекту і коригування планів з урахуванням найгірших та найкращих сценаріїв. Планування набуває ітеративного характеру – детальні плани будуються на найближчий період (наприклад,

тиждень або спринт), тоді як довгострокове планування лишається на рівні загальної стратегії з можливістю перегляду. Такий *rolling-wave* підхід дозволяє стабілізувати довгострокові цілі і водночас уточнювати деталі на короткому горизонті, уникаючи зайвого перероблення глобального плану.

– Сучасні інформаційні системи дають змогу автоматизувати контроль за виконанням завдань, відстежувати прогрес у реальному часі і надавати менеджерам аналітичну інформацію для вибору оптимальних дій. Зокрема, важливу роль відіграють технології штучного інтелекту та аналітики даних – вони дають змогу швидко аналізувати великі масиви інформації, моделювати наслідки управлінських кроків і тим самим скорочувати час на прийняття обґрунтованих рішень.

– Адаптивне управління передбачає делегування частини рішень на нижчі рівні ієрархії, щоби прискорити реакцію на локальні проблеми. Вже наперед визначається, які відхилення може вирішити виконавець чи керівник ділянки, які – потребують перерозподілу спільних ресурсів, а які – підлягають ескалації на рівень керівництва проекту. Чіткий поділ зон відповідальності запобігає стихійному «гасінню пожеж» та забезпечує скоординовану реакцію.

– Постійні зміни вимагають від команди високого рівня професіоналізму і навичок адаптації. Тому персонал навчається принципам «готовності до роботи» (підготовка фронту робіт, усунення обмежень наперед) та швидкому реагуванню на зміни плану. Формуються культури коротких зворотних нарад (*after-action reviews*), де команда оперативно розбирає причини збоїв і визначає уроки на майбутнє.

– Адаптивне управління приділяє окрему увагу прозорій комунікації з усіма зацікавленими сторонами – замовником, підрядниками, місцевою громадою. Регулярне інформування і залучення стейкхолдерів до обговорення проміжних результатів підвищує підтримку проекту та знижує ризики непорозумінь чи конфліктів. Налагодження партнерських відносин і альянсів дозволяє спільно вирішувати проблеми і підвищує стійкість проекту до зовнішніх потрясінь.

Реалізація наведених принципів сприяє тому, що будівельна організація стає більш стійкою до несподіваних змін та спроможною зберігати ефективність навіть у турбулентному середовищі.

Досвід доводить, що гнучкість та здатність дуже швидко адаптуватися до змінних умов дозволяють успішно виконувати проект навіть за непередбачуваних обставин. Інтегроване (комплексне) управління будівельними процесами, побудоване на адаптивних засадах, підвищує продуктивність роботи, знижує ризики та забезпечує стабільність виконання проектів у встановлені строки і бюджети.

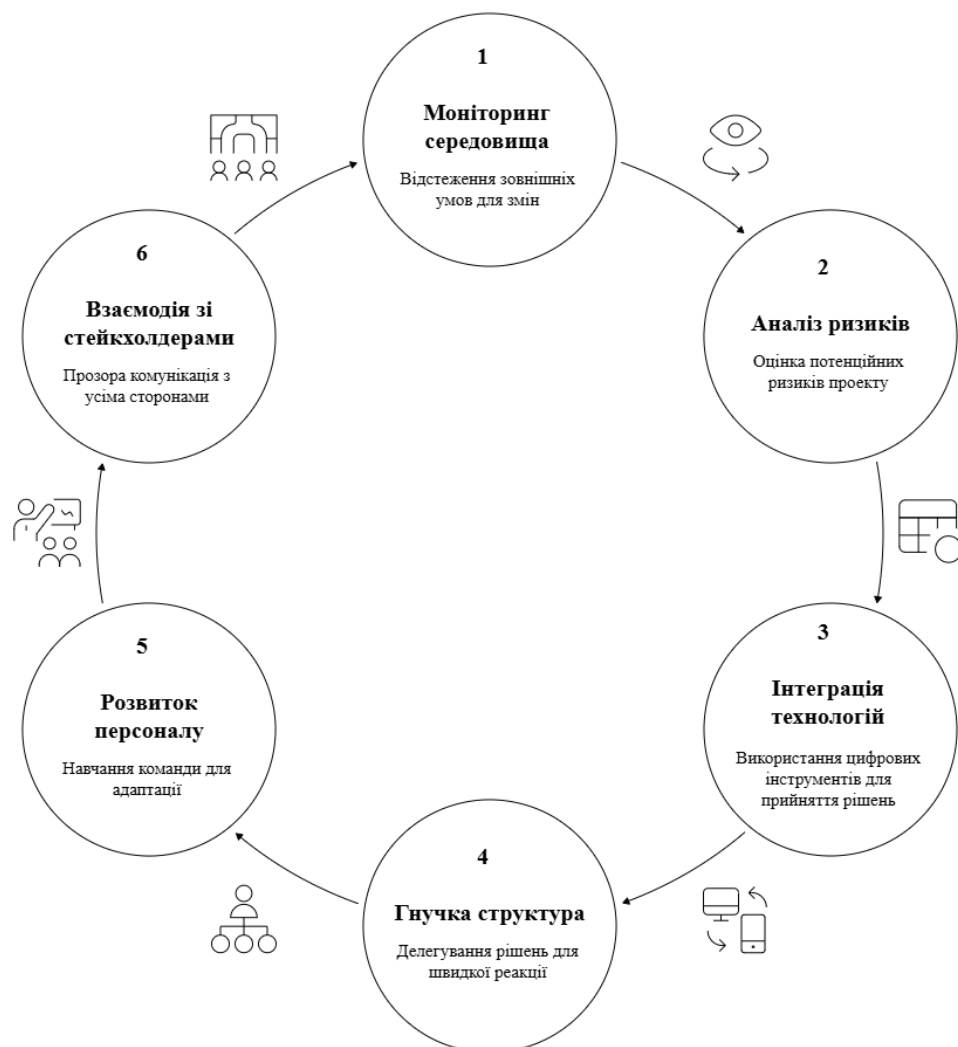


Рисунок 6.1 – Циклічний процес адаптивного управління проектом.

На схемі (рис. 6.1) зображено замкнутий цикл, що включає послідовні фази: оцінка стану і визначення проблеми, планування дій, реалізація рішень, моніторинг перебігу виконання, оцінювання результатів та коригування плану. Такий цикл повторюється багаторазово протягом життєвого циклу проекту, забезпечуючи безперервне навчання і гнучку реакцію на відхилення. Завдяки цьому адаптивне управління інтегрує зворотний зв'язок у процес ухвалення рішень і перетворює адаптацію на систематичну практику, а не разову реакцію.

Більш того, адаптивний підхід створює умови для впровадження інновацій і зростання конкурентоспроможності компанії: поєднання різноманітних інструментів і методів управління формує основу для ефективного розвитку та використання нових технологій у будівництві.

Як зазначають дослідники, впровадження адаптивної гнучкої моделі управління дозволяє підвищити результативність роботи, скоротити терміни реалізації проектів і забезпечити їхню стійкість до зовнішніх впливів.

В практичній площині адаптивне управління виробничим контролем проявляється у переході від реагування «post factum» до превентивного режиму управління. Замість того, щоб чекати офіційного звіту раз на місяць і лише тоді виявляти проблеми, адаптивна система контролю збирає дані з поля *в режимі реального часу* або з малою затримкою, консолідує їх, наприклад, у щотижневий «зріз» *виробництва*.

Такий зріз містить інформацію про виконані та невиконані завдання, причини невиконання, наявність ресурсів (людей, техніки), стан матеріально-технічного забезпечення тощо. Важливо, що фіксується не лише відсоток виконання, а й контекст обмежень, який завадив виконати план – це дозволяє менеджерам бачити глибинні причини відхилень, а не тільки наслідки.

На основі цього стисло аналітичного зрізу керівники отримують *чітку картину* найбільш критичних відхилень від короткострокового плану і декілька альтернативних сценаріїв подальших дій, вже перевірених на предмет ресурсних та контрактних обмежень.

Система зосереджується не на «гасінні» кожного дрібного відставання, а на випереджальному опрацюванні тих вузьких місць, які загрожують перерости у ланцюгові затримки (тобто фокусується на *майже критичних* робочих пакетах і точках можливого розповсюдження затримок). Завдяки цьому підвищується *резильєнтність* (здатність тримати удар) календарного графіка: окремі збої локалізуються і не дають ефекту доміно.

Завчасний розподіл прав прийняття рішень між рівнями управління дозволяє кожній проблемі бути вирішеною на відповідному рівні без зайвого бюрократичного зволікання.

Наприклад, якщо на будівельному майданчику виявлено невиконання завдання через поломку обладнання, вже заздалегідь може бути визначено, що виконроб має право оперативно перегрупувати бригади або змінити послідовність робіт (у межах тижневого плану), тоді як зміна, що потребує додаткових ресурсів або впливає на міжзавдання, має бути погоджена з керівником проекту, а більш серйозні відхилення (що впливають на кінцеві строки чи бюджет) – винесені на розгляд керівного комітету.

Така чітка регламентація запобігає хаотичному прийняттю рішень «за фактом» і встановлює дисципліну реагування. В результаті суттєво скорочується час між виявленням проблеми і вжиттям коригувальних заходів – управлінський контур спрацьовує швидше, ніж у традиційній моделі, де рішення часто приймаються тільки на черговій нараді або після аналізу звітності.

Адаптивне управління виступає базисом для підвищення стійкості та ефективності виробничого контролю. Стійкість (організаційна резильєнтність) зростає за рахунок здатності системи *вчасно вловлювати сигнали змін* і вживати мінімально необхідні корективи, щоби утримати проект у руслі заданих цілей попри турбулентність зовнішнього середовища.

Ефективність підвищується шляхом оптимізації рішень: замість реактивного усунення наслідків система пропонує проактивні рішення, що мінімізують втрати та простой. Як наголошують дослідники, інтеграція

адаптивної системи контролю в управлінський процес оптимізує виробництво не через ускладнення, а через впровадження дисциплінованого циклу, що виявляє значущі відхилення, направляє їх до належного рівня відповідальності та застосовує мінімально достатні коригування.

Вона зберігає довгострокові наміри проекту, обмежує перепланування лише тими частинами, де сталися зміни, і пов'язує щоденний контроль з процесом навчання організації. Такий підхід переводить адаптивність з вимушеної імпровізації у площину аудитованої практики, де кожне відхилення і відповідна дія фіксуються, аналізуються на предмет результативності та враховуються при налаштуванні правил управління надалі.

У підсумку, за відгуками практиків, вже протягом кількох управлінських циклів проект може очікувати помітного поліпшення показників: скорочення часу ухвалення рішень, зменшення кількості неконтрольованих перевипусків планів і чіткішого простежування зв'язку між прийнятими рішеннями і отриманими результатами.

Для наочності, нижче (табл. 6.1) узагальнено головні відмінності між традиційним та адаптивним підходами до управління виробничим процесом у будівництві.

Таблиця 6.1 – Порівняння традиційного і адаптивного підходів

Аспект управління	Традиційний підхід	Адаптивний підхід
Планування робіт	Фіксований детальний план на весь проект; мінімальні зміни після затвердження.	Котиться хвилею ( <i>rolling-wave</i> ): детальне планування на ближчу перспективу, періодичний перегляд планів у відповідь на зміни.
Оновлення інформації	Періодична звітність (місячні, квартальні звіти); дані часто застарілі на момент ухвалення рішень.	Безперервний моніторинг; регулярні короткі цикли звітності (щотижневі «сніпшоти» прогресу) з актуальною інформацією в реальному часі.

Кінець таблиці 6.1.

Ухвалення рішень	Централізоване, багато рівнів затвердження; рішення приймаються на планових нарадах.	Децентралізоване в рамках встановлених правил: оперативні рішення на місці виконавцями, складні – ескалація; чітко визначені повноваження для швидкої реакції.
Реакція на відхилення	Реактивна (після факту): проблеми виявляються із запізненням, часто вже завдавши шкоди графіку/бюджету.	Проактивна і превентивна: система раннього попередження сигналізує про потенційні проблеми; превентивні дії, щоб уникнути ескалації затримок.
Використання даних та технологій	Обмежене застосування ІТ; контроль здебільшого вручну, дані у розрізнених файлах/звітностях.	Інтегровані цифрові платформи (ВІМ, датчики ІоТ, аналітика): автоматизований збір даних, єдина інформаційна модель проекту, інструменти підтримки рішень на основі даних.
Коригування плану	Рідкісне, “важке” перепланування при значних відхиленнях; ризик стресу для команди через постійні переробки.	Постійне дрібне налаштування курсу: план коригується часто, але малими дозами, лише на проблемних ділянках, без перегляду всього проекту одразу.
Навчання та вдосконалення	Висновки робляться по завершенні (ретроспективний аналіз); мало механізмів навчання на проміжних етапах.	Неперервне навчання: після кожного циклу аналіз причин відхилень, збереження “пам’яті” проекту (логі рішень та ефектів) для постійного вдосконалення процесів.

Як видно з таблиці 6.1, адаптивний підхід формує більш гнучку та проактивну систему управління, що краще пристосована до турбулентності будівельного процесу. Він не відміняє стратегічного планування чи дисципліни – навпаки, вимагає чітких правил та каденції, проте використовує

їх як скелет для гнучких м'язів системи. Таким чином, адаптивне управління слугує основою підвищення стійкості проекту, дозволяючи витримувати непередбачувані події з мінімальними втратами, а також підвищує ефективність виконання завдяки оптимальному прийняттю рішень у режимі реального часу.

## **6.2 Цифрове середовище і його роль у формуванні гнучкої архітектури управлінських рішень**

Цифрове середовище у будівництві – це сукупність сучасних інформаційних технологій, платформ та інструментів, що забезпечують збір, передачу, зберігання та обробку даних про проект у електронному вигляді.

Цифровізація галузі (перехід від паперових процесів до електронних) є фундаментом для створення гнучкої архітектури управлінських рішень, оскільки надає менеджерам прозору, актуальну та інтегровану інформацію для прийняття рішень.

Швидкий розвиток цифрових технологій надає унікальні можливості для оптимізації та покращення ефективності будівельного виробництва.

Дослідження впливу цифрових змін у будівельній галузі показують, що впровадження таких технологій, як інформаційне моделювання будівель, інтернет речей (IoT) та штучний інтелект, стає визначальним фактором успіху сучасних будівельних організацій.

Серед ключових цифрових технологій, що формують середовище гнучкого управління, можна виділити наступні:

– **Building Information Modeling:** технологія інформаційного моделювання будівель, яка дозволяє створити цифрового двійника проекту. BIM об'єднує всю інформацію про об'єкт (графічну 3D-модель, кошторисні дані, графіки робіт, специфікації обладнання тощо) в єдину модель. На основі BIM доступне 4D/5D моделювання (час + вартість), що дає змогу менеджерам відстежувати прогрес будівництва у прив'язці до часу та бюджету, виконувати

імітації сценаріїв і виявляти потенційні конфлікти на ранніх стадіях. Застосування BIM значно підвищує точність планування і контролю, забезпечує міждисциплінарну координацію та прозору комунікацію між учасниками проекту. Досвід різних країн підтверджує, що BIM-платформи сприяють кращому управлінню ризиками і моделюванню ходу будівництва, зокрема у складних умовах (наприклад, при будівництві тунелів).

– Інтернет речей (IoT) та сенсорні мережі: датчики на будмайданчику, що підключені до інтернету, дають змогу в реальному часі отримувати дані про виконання робіт (наприклад, датчики на техніці повідомляють про її місцезнаходження і стан, датчики моніторингу конструкцій – про параметри бетону, коливання тощо). IoT-системи також включають носимі пристрої для відстеження місця перебування та безпеки працівників. Вся ця інформація стікається у єдину цифрову платформу, створюючи *цифровий образ* будівельного майданчика в режимі онлайн. Працівники, спираючись на такі дані, можуть оперативно виявляти відхилення (наприклад, відставання бригади від графіка, простої техніки, небезпечні ситуації) і одразу приймати рішення або навіть налаштовувати автоматичні сповіщення і реакції. IoT фактично робить виробничий контроль безперервним і всеохопним.

– Штучний інтелект і машинне навчання: AI-алгоритми дозволяють прогнозувати розвиток подій на основі великих даних. Наприклад, нейронні мережі можуть прогнозувати можливе відхилення по строках на основі поточних темпів робіт і історичних даних. Системи машинного навчання аналізують типові причини зривів та пропонують оптимальні превентивні дії (в дусі рекомендаційної системи для менеджера проекту). Вже зараз розробляються інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у будівництві, які враховують безліч факторів – від погоди і постачання до продуктивності конкретних бригад – і видають керівникам *ранжовані варіанти* оптимальних дій. Такі системи, працюючи у зв'язці з даними BIM та IoT, стають мозковим центром адаптивного управління, автоматизуючи частину аналізу і зменшуючи навантаження на людей при обробці великих

масивів інформації. Важливо, що AI може не тільки реагувати, а й виявляти приховані закономірності (наприклад, що певна комбінація затримки постачання і погоди веде до зриву робіт через 2 тижні) – це підсилює проактивність управління.

– Цифрові платформи управління проектами та спільної роботи: Сучасне програмне забезпечення (Project Management Information Systems – PMIS) забезпечує єдиний інформаційний простір для всіх учасників проекту. В такій платформі зберігається актуальна версія графіка робіт, бюджету, документообігу, зміни і коментарі фіксуються в режимі реального часу. Кожен член команди має доступ до необхідної інформації і може оперативнo обмінюватися даними. Прикладом є використання хмарних середовищ (Microsoft Project Online, Oracle Primavera Cloud, PlanGrid, Procore тощо), що дозволяють менеджерам, інженерам і замовникам співпрацювати **онлайн**. Таке цифрове середовище мінімізує ризик неузгодженості версій документів, прискорює погодження рішень та підвищує прозорість – всі бачать актуальну картину проекту одночасно. Дослідження відзначають, що завдяки єдиному цифровому простору останній план, затвердження та методи виконання залишаються синхронізованими між усіма сторонами, випадкові розбіжності версій зменшуються, а прийняття змін стейкхолдерами відбувається швидше.

– Цифровий двійник (Digital Twin): Це віртуальна динамічна модель реального будівельного об'єкта, яка відображає його стан у режимі реального часу на основі даних з датчиків, BIM та інших джерел. Цифровий двійник дозволяє “програти” різні сценарії (що якщо виникне затримка, як це вплине на інші роботи, або що якщо змінити послідовність задач) без ризику для реального об'єкта. Управлінські рішення можна протестувати спочатку на цифровому двійнику, оцінивши потенційні наслідки, і лише потім впроваджувати в реальність. У контексті будівництва це надзвичайно цінно для адаптивного управління: фактично, цифровий двійник виконує роль **тренажера** для управлінця, а також слугує інструментом постійного моніторингу та прогнозування (задаючи питання “що буде, якщо...?”). Згідно

з новітніми дослідженнями, цифрові двійники розширюють можливості BIM, забезпечуючи справжнє **поєднання фізичного і цифрового контурів** управління та прискорюючи цифрову трансформацію будівництва. Наприклад, впровадження цифрового двійника будівлі дозволяє відслідковувати у реальному часі всі параметри (темпи робіт, витрати матеріалів, стан конструкцій) і миттєво порівнювати з еталонним планом, завдяки чому будь-яке відхилення стає помітним негайно. Це створює безпрецедентний рівень прозорості і підконтрольності проекту.

Всі перелічені технології об'єднуються у **цифрову екосистему** будівельного проекту (рис. 6.2). Її наявність докорінно змінює архітектуру управління – від жорсткої, статичної, побудованої на фіксованих регламентах, до гнучкої, динамічної і даними-керованої.

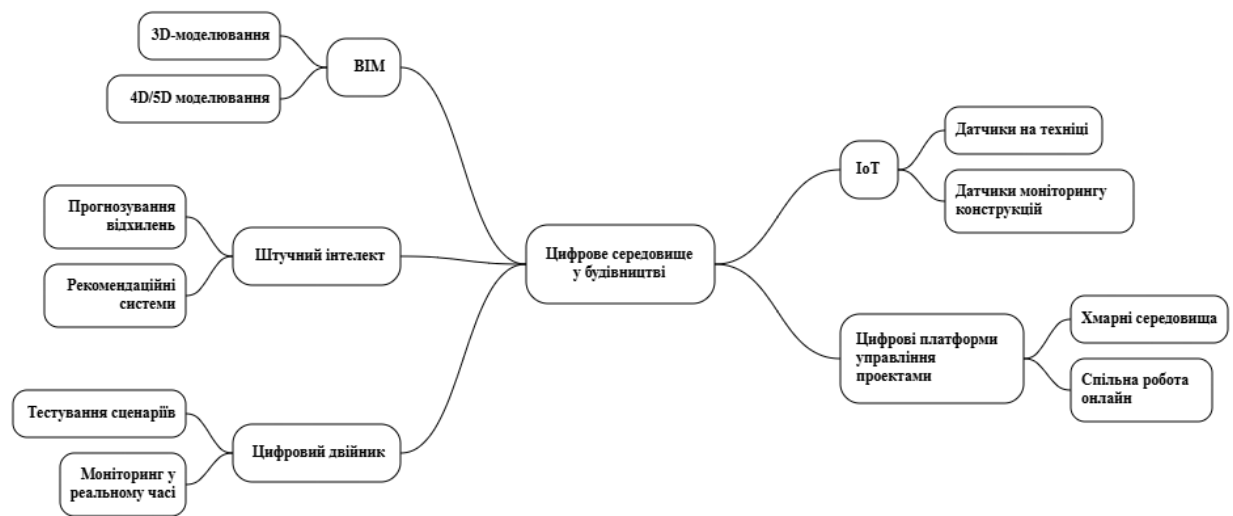


Рисунок 6.2 – Принципи формування цифрового середовища в будівельній галузі

По-перше, цифрове середовище сприяє децентралізації та пришвидшенню управлінських циклів. Коли інформація доступна всім учасникам одночасно і майже миттєво, багато тактичних рішень можуть прийматися на місцях без затримки. Організація з вертикальної перетворюється на більш плоску і мережеву – функції управління

розподіляються, виходячи з того, хто має найактуальнішу інформацію і компетенцію. Це збільшує гнучкість управлінської архітектури: структура прийняття рішень може перебудовуватися відповідно до ситуації, не руйнуючи загальну дисципліну.

Традиційні бюрократичні моделі не забезпечують належної адаптивності, і як альтернативу пропонується впроваджувати адаптивні гнучкі моделі управління, що поєднують сучасні методології (Agile, Scrum, Lean) з вимогами формального управління.

Цифрове середовище тут виступає – воно надає інструменти для реалізації принципів Agile/Lean у масштабах реального будівельного проекту, дозволяючи команді працювати ітеративно, швидко зворотньо зв'язуватися та коригувати курс за потреби.

По-друге, прискорення інформаційних потоків у цифровому середовищі означає, що управлінці можуть приймати рішення на основі актуальних даних, а не припущень чи застарілої інформації. Це підвищує якість самих рішень: вони більш обґрунтовані і точні. Приміром, на цифровій панелі керівник проекту бачить, що конкретна бригада відстає на 2 дні через брак матеріалів; він одразу може зважити варіанти – чи варто перекинути ресурси з іншої ділянки, чи прискорити поставку, чи змінити черговість завдань. Отримуючи ж дані реального часу про зайнятість техніки, керівник зможе уникнути простоїв шляхом оперативного перепланування, тоді як за паперової системи про ці простої він дізнався б лише згодом.

Дослідження відзначають, що повноцінна цифрова трансформація потребує розробки *всеосяжних планів* та постійних інноваційних зусиль, адже йдеться не лише про впровадження окремих гаджетів, але про цілісний перегляд процесів. Саме такий системний підхід – створення інтегрованих цифрових платформ і перегляд управлінських процедур – формує гнучку архітектуру прийняття рішень.

По-третє, цифрове середовище дозволяє зберігати і аналізувати історію проекту, що сприяє організаційному навчанню та покращенню прийняття

рішень з часом. Усі дії, зміни, причини затримок і прийняті рішення фіксуються у системі (журналах, базах даних). Фактично створює корпоративну пам'ять, яку можна аналізувати для виявлення системних проблем.

Наприклад, якщо алгоритм або менеджер помітить, що певна причина затримки повторюється знов і знов, можна ініціювати зміни у процесах або додаткове навчання персоналу, аби *упередити* цю проблему в майбутньому.

Так забезпечується самонавчання системи управління, що є ознакою зрілості гнучкої архітектури – вона не лише реагує, а й еволюціонує.

Важливо підкреслити, що цифровізація є не метою сама по собі, а **інструментом** для досягнення гнучкості та ефективності.

Лише поєднання технологічних інновацій з організаційними змінами дає результат. Як наголошує одне з досліджень, потрібно розробляти комплексні плани цифрової трансформації і підтримувати *безперервні інновації* в будівельній сфері, щоби використання технологій було всебічним і довгостроковим. Це означає, що керівництво компаній має інвестувати не тільки в закупівлю програм чи датчиків, а і в зміну культури прийняття рішень, навчання кадрів, оновлення регламентів тощо. Лише тоді цифрове середовище реалізує свій потенціал у повній мірі – сформує ту саму гнучку архітектуру управлінських рішень, за якої організація діє як живий організм: отримуючи сигнали, швидко перетравлює їх (аналітика) і миттєво видає реакції, необхідні для виживання і розвитку.

Таким чином, цифрове середовище виступає **каталізатором** адаптивного управління. Воно забезпечує прозорість та оперативність інформації, сприяє гнучкості організаційної структури, уможливорює впровадження сучасних гнучких методологій і безперервне вдосконалення процесів. У поєднанні з адаптивною філософією управління, сучасні цифрові технології дозволяють будівельним компаніям суттєво підвищити швидкість і

якість управлінських рішень, зробити їхню прийняття більш гнучким (тобто здатним до швидкої перебудови при зміні умов) та архітектурно стійким (система прийняття рішень не руйнується під тиском змін, а перебудовується). Врешті, цифрова трансформація уможлиблює той рівень адаптивності, який ще недавно був недосяжним, – коли проект керується на основі актуальних даних і проактивних сценаріїв, а не постфактум аналітики.

3. Інтеграція систем контролю в управлінський контур: логіка впровадження, ризику, результати

Інтеграція адаптивної системи контролю у наявний управлінський контур будівельного підприємства – завдання комплексне, що вимагає як технологічних змін, так і організаційних зусиль. Під *управлінським контуром* розуміємо сукупність процесів ухвалення рішень, інформаційних потоків та відповідальних осіб, залучених у керування проектом. Інтегрувати нову систему контролю – означає вбудувати механізм адаптивного (замкненого) регулювання виробництва у цей існуючий контур таким чином, щоби він діяв синхронно, не викликаючи протиріч і збоїв. Розглянемо логіку поетапного впровадження такої системи, можливі ризики та очікувані результати.

### **6.2.1 Логіка впровадження системи контролю**

Досвід реалізації подібних змін показує, що успіх забезпечує поступовий, поетапний підхід із пілотним впровадженням і нарощуванням масштабів. Рекомендується наступна послідовність кроків:

1. Аналіз існуючих процесів і визначення цілей. Спершу проводиться оцінка поточної системи планування та контролю: періодичність звітності, використовувані метрики, больові точки (наприклад, місця постійних затримок або відсутності достовірних даних). На основі цього формулюються цілі впровадження адаптивної системи – наприклад, скоротити час реакції на відхилення до 1-2 днів, знизити втрати часу через непередбачені

простої на X%, поліпшити точність прогнозування строків тощо. Чіткі цілі потрібні, щоб виміряти ефективність змін надалі.

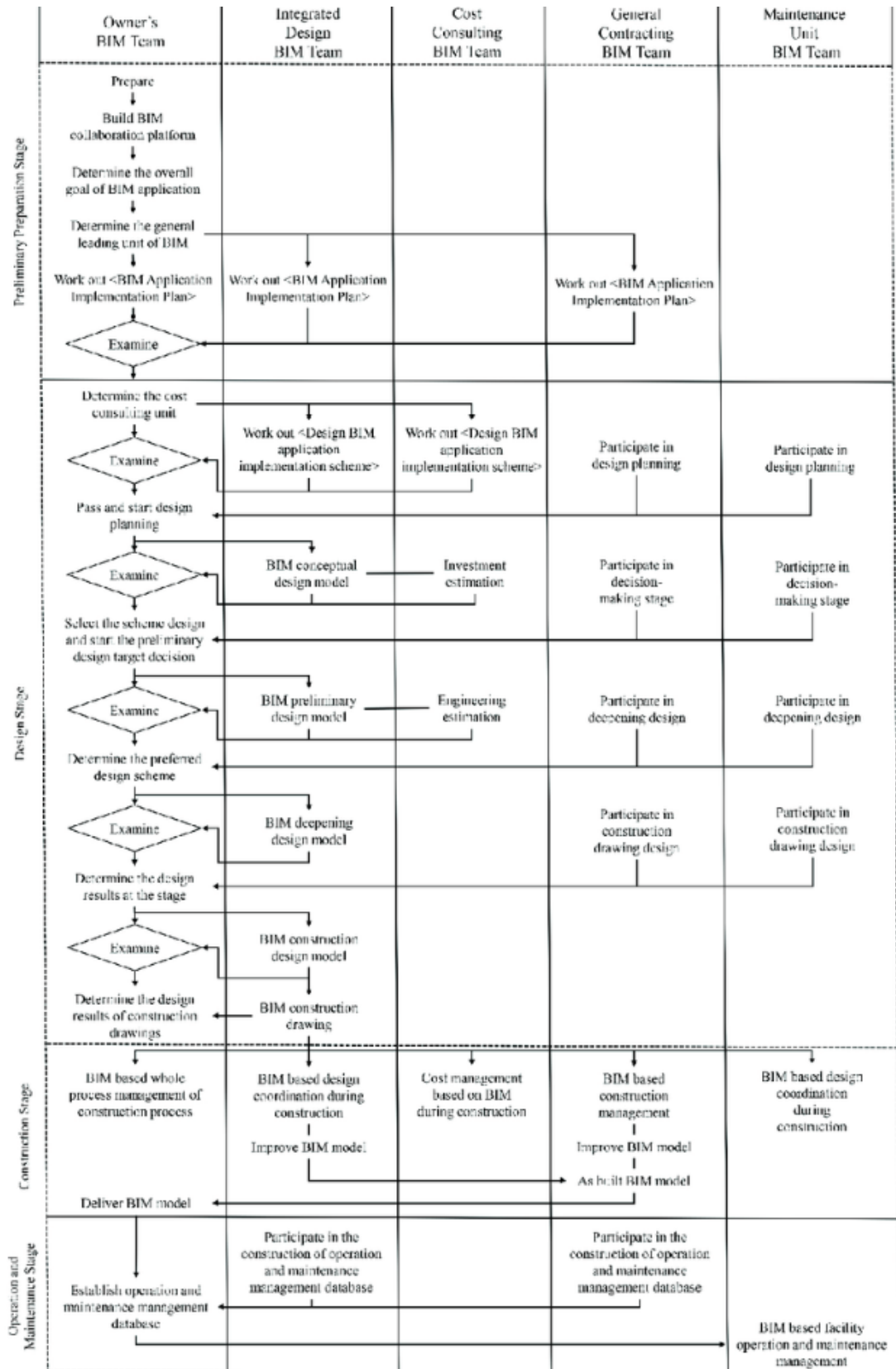


Рисунок 6.3 – Загальна схема управління з використання BIM [37]

2. Вибір інструментів і розробка методики. На цьому етапі визначаються необхідні технологічні рішення: вибір програмного забезпечення для збору та аналізу даних, датчиків (за потреби), засобів візуалізації.

Розробляється регламент адаптивного контролю – встановлюється тривалість циклу (наприклад, тижневий), формат звітного «зрізу» (які саме дані й метрики входять), розподіл ролей (хто збирає дані, хто їх аналізує, хто скликає нараду і хто приймає рішення). Доцільно спиратися на принципи, викладені у попередніх розділах: мати чітку дефініцію «*готовності роботи*», єдину класифікацію статусів завдань та обмежень, зафіксований процес передачі плану в виконання.

3. Пілотне впровадження на обмеженій ділянці. Замість одразу охоплювати всю компанію, адаптивну систему варто запустити у пілотному режимі – наприклад, на одному проекті або навіть на частині проекту (окремий підрозділ чи напрям робіт). Пілот дозволить *відлагодити* механізми у «мількій воді» – протестувати збір даних, знайти оптимальну частоту нарад, перевірити, як команда сприймає новий підхід. Дуже важливо вже на цій стадії навчити персонал новим процедурам: провести тренінги для виконробів, майстрів, інженерів з планування, аби всі розуміли, як працює новий цикл, яку інформацію і як слід подавати, які рішення в їх зоні відповідальності тощо. Пілотний проект слугує також демонстрацією цінності: якщо вдасться досягти покращень, це полегшить подальше розширення.

4. Встановлення стабільної каденції та масштабування. Після успішного пілоту система розгортається на всі проекти або підрозділи. Критично дотримуватися стабільної періодичності циклу (наприклад, щотижневий ритм адаптивного планування і коригування) – це створює передбачуваність і дисципліну. Запроваджується єдиний формат «панелі управління» для керівників: скажімо, щотижня у визначений день відбувається коротка нарада, де за уніфікованим звітом розглядаються ключові відхилення і затверджуються коригувальні дії. Всі рішення

фіксуються у журналі із зазначенням очікуваного ефекту і відповідального виконавця. На рівні компанії може бути створено невеликий координаційний офіс, відповідальний за методологію адаптивного управління – його завдання стежити за дотриманням процесу, збирати зворотний зв'язок від проектів, оновлювати методику за потреби і навчати нових співробітників.

5. Моніторинг ефективності та безперервне вдосконалення. Після впровадження необхідно регулярно оцінювати, як система працює: чи скоротився час реакції, чи покращилися показники за строками/витратами, як змінилося навантаження на персонал. Для цього визначаються КРІ адаптивної системи (наприклад, середній час між виявленням проблеми і рішенням, % завдань, виконаних у ритмі, число ескалацій на вищий рівень тощо). На основі аналізу КРІ та відгуків команди впроваджуються покращення у процес – можливо, змінюється склад показників у «зрізі», коригуються порогові значення для ескалації, додаються нові автоматичні звіти чи сповіщення. Головне – щоб система залишалася «живою» і гнучко налаштовувалася у міру того, як компанія навчається адаптивності. Вдалим практичним прийомом є проведення коротких *ретроспектив* після кожних кількох циклів, де команда обговорює: що спрацювало в новому процесі, а що ні, які є ідеї для покращення. Таким чином, впровадження саме по собі стає адаптивним процесом.

При запуску адаптивної системи контролю важливо уникнути спокуси “форсувати” зміни без належної підготовки. Інтеграція повинна бути поступальною, із забезпеченням необхідних ресурсів (технічних і людських) та підтримкою з боку топ-менеджменту.

Розробники методики рекомендують починати з простої конфігурації: одного короткого інтервалу (тижня), обмеженого набору метрик і невеликого кола відповідальних осіб – і вже потім розширювати, коли процес стабілізується. В цілому, логіка впровадження полягає в тому, щоб створити надійний каркас (правила, ролі, інструменти) і дати організації час “пожити” в новому ритмі, поступово нарощуючи зрілість адаптивного управління.

## 6.2.2 Потенційні ризики та виклики інтеграції

Впроваджуючи нову систему, керівництво повинно врахувати низку ризиків, які можуть стати на заваді досягненню бажаних результатів:

- Спротив змінам і культурні бар'єри. Персонал може спочатку опиратися новим підходам – хтось сприйме це як додатковий контроль, хтось не довірятиме технологіям. Співробітники звикли працювати по-старому і можуть розглядати адаптивне управління як загрозу (наприклад, боятися, що автоматизація призведе до скорочень чи покарань за кожен дрібну помилку). Для зняття цього ризику критичною є прозора комунікація змін: пояснення, що мета – не покарання, а допомога всім працювати злагоджено; показ успішних прикладів; навчання і залучення ключових працівників у ролі *агентів змін*. Також важливо змінювати корпоративну культуру в бік сприйняття адаптації як можливості, а не загрози.

- Адаптивне управління вимагає нових компетенцій: уміння працювати з аналітичними системами, розуміння принципів Agile/Lean, готовності до швидких рішень. Може виявитися, що частина фахівців не має достатньої кваліфікації чи цифрової грамотності, щоб ефективно користуватися новим інструментарієм. Особливо це актуально для галузі будівництва, де середній вік керівників проєктів доволі високий і не всі звикли до цифрових технологій. У сучасному турбулентному середовищі компанії стикаються з дефіцитом кваліфікованих кадрів, тому ризик кадрової незабезпеченості для нової системи є суттєвим. Міри протидії: інвестувати в тренінги та освіту, можливо залучати консультантів чи молодих ІТ-спеціалістів для підтримки, вводити систему наставництва “цифрових чемпіонів” у кожному підрозділі. Також корисно спростити інтерфейси та процедури настільки, наскільки це можливо – якщо новий процес буде занадто складним, його не дотримуватимуться.

- Часто існує проблема, що дані розпорошені по різних системах (кошториси в Excel, графік у MS Project, облік матеріалів у 1С тощо).

Об'єднання їх в єдину модель може потребувати значних зусиль з інтеграції IT-систем або навіть заміни застарілих програм. На практиці це викликає труднощі: різні формати, дублювання чи невідповідність даних. Фактично, має місце неоднорідність інформації і відсутність “єдиного джерела правди”.

- Виклик відзначений і дослідниками: однією з перешкод впровадження інтегрованих підходів є саме неоднорідність інформації та складність взаємодії учасників. Знизити ризик можна завдяки поетапному очищенню і налаштуванню даних: провести аудит даних, навести лад у базах перед запуском системи, визначити відповідальних за актуалізацію різних блоків інформації. Також варто спочатку інтегрувати хоча б найкритичніші системи (наприклад, планування і облік виконання робіт), а інші підтягувати поступово.

- Технічні збої та кібербезпека. Переведення критичних процесів управління у цифрову форму робить компанію залежною від технологій. Виникає ризик, що збій програмного забезпечення, відсутність доступу до хмари або кібератака можуть паралізувати управління проектом. Щоби зменшити цю вразливість, потрібно подбати про резервні копії, план відновлення роботи системи, захист даних. Також можливо залишити дублюючі механізми на перехідний період – наприклад, якщо автоматична система контролю не працює, щоб команда могла оперативно перейти на ручний режим без втрати інформації (хоча б частково). Окремо слід врахувати **безпеку даних**: інформація про проект (кошториси, контракти, плани) є конфіденційною, її витік може нашкодити бізнесу. Тому при інтеграції системи контролю треба залучити фахівців з кібербезпеки, впровадити шифрування, контроль доступу, навчити персонал правилам цифрової гігієни.

- Перевантаження інформацією та «шум». Є ризик, що за наявності великої кількості даних менеджери будуть перевантажені сигналами про всі дрібні відхилення, втрачаючи фокус на справді важливому. Адаптивна система повинна бути налаштована так, щоб фільтрувати «шум» і виділяти пріоритети. Якщо цього не зробити, люди можуть швидко стомитися від

надміру оповіщень чи звітів (“втома від даних”) і почнуть ігнорувати навіть корисні сигнали. Щоб уникнути цього, потрібно ретельно налаштувати пороги спрацьовування тригерів, обмежити кількість КРІ для моніторингу до розумного мінімуму, в інтерфейсі відображати пріоритетні проблеми крупно, а другорядні – згортати. Як зазначалося раніше, система має концентруватися на *значущих відхиленнях* і не розпорошувати увагу на неважливі дрібниці. Баланс між чутливістю і специфічністю сигналів – важливий момент налаштування системи.

- Складність взаємодії учасників процесу. Інтегрована система вимагатиме більш тісної координації між різними відділами – планування, постачання, виконання, фінансів. Якщо ці підрозділи традиційно працювали відокремлено, може виникнути тертя щодо того, хто за що відповідає, хто вводить дані, хто винен у затримці тощо. Власне, дослідники прямо вказують на складність взаємодії між учасниками будівельного процесу як на один з викликів адаптивного управління. Вирішення тут – робота над процесами і структурою: можливо, запровадження крос-функціональних команд, призначення координатора або scrum-мастера проекту, який стежить за взаємодією. Також допомагають чітко прописані *SLA (service level agreements)* між відділами – наприклад, відділ постачання зобов’язується оновлювати статус матеріалів не рідше раз на тиждень, відділ виробництва – щоденно відмічати виконання задач у системі тощо. Регулярні синхронізаційні наради між ключовими підрозділами допоможуть виявити і усунути “вузькі місця” у взаємодії.

- Інтеграція системи – не разова акція, а процес, що може зайняти місяці і вимагатиме уваги керівництва протягом усього часу. Якщо після початкового впровадження керівники втратять інтерес і перестануть підтримувати ініціативу, вона може поступово зійти нанівець. Це типовий ризик: новий процес спочатку всі пробують, але старі звички беруть гору, якщо не нагадувати про важливість і не контролювати дотримання. Тому потрібно, щоби у компанії був *спонсор змін* на високому рівні, який постійно

комунікуватиме прогрес, відзначатиме успіхи і наполягатиме на дотриманні нових процедур. Лише за умови послідовності з боку керівництва (leadership buy-in) система глибоко вкорениться у щоденну практику.

Незважаючи на ці виклики, більшість з них піддаються пом'якшенню за рахунок грамотного управління впровадженням і змінами. Багато ризиків стосуються людського фактору, тому соціально-психологічна робота (навчання, мотивація, залучення) є не менш важливою, ніж технічна реалізація. Своєчасне виявлення проблем та їхнє спільне обговорення командою допоможе запобігти накопиченню невдоволення або саботажу.

### **6.2.3 Моделювання ефективності розробки проєктної документації в умовах цифрової трансформації**

Для оптимізації розробки проєктної документації можна створити математичну модель, яка включатиме такі етапи: оцінка часу розробки документації, оптимізація розподілу завдань між учасниками проєкту, а також моделювання ризиків і відхилень від запланованого графіка.

#### **1. Моделювання часу розробки документації**

Для оцінки часу розробки документації можна використати метод критичного шляху (CPM) або метод PERT (Програмно-Оцінка й Аналіз Вибору).

Ціль: визначити мінімальний час, необхідний для виконання завдань розробки документації з урахуванням усіх етапів і залежностей між ними (6.1):

$$T_{total} = \sum_{i=1}^n T_i \quad (6.1)$$

де  $T_i$  – час на виконання кожного етапу роботи (і-й етап розробки документації).

$n$  – кількість етапів, які необхідно пройти для розробки документації.

Метод СРМ дозволяє знаходити критичний шлях, який визначає час, необхідний для завершення всіх етапів, і допомагає виявити завдання, які потребують особливої уваги для мінімізації часу.

## 2. Оптимізація розподілу завдань

Математичне моделювання для оптимізації розподілу завдань можна реалізувати за допомогою лінійного програмування.

Ціль: мінімізувати час розробки документації, розподіливши завдання між учасниками проекту з урахуванням їхніх можливостей.

Математична модель для оптимізації виглядатиме так (6.2):

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (6.2)$$

де  $m$  – кількість учасників;

$n$  – кількість етапів.

Обмеження:

1.  $\sum_{j=1}^n x_{ij} = C_j$  для кожного етапу  $j$  (час на виконання кожного етапу не може перевищувати необхідний для нього час).
2.  $x_{ij} \geq 0$ , тобто час не може бути від'ємним.

Підхід дозволяє оптимізувати навантаження на кожного учасника і визначити, як досягти мінімальних термінів за умов обмежених ресурсів.

## 3. Моделювання ризиків та відхилень від графіка

Для моделювання ризиків та можливих відхилень від графіка можна використовувати метод Монте-Карло або стохастичні моделі.

Ціль: оцінити ймовірність відхилень у процесі розробки документації, враховуючи можливі затримки, непередбачувані обставини чи зміни в умовах.

Ймовірне відхилення від плану можна змодельовати як (6.3):

$$T_{total} = \sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^n (P_i \times T_{delay}) \quad (6.2)$$

де  $T_{total}$  – загальний час з урахуванням ризиків.

Метод Монте-Карло дозволяє провести симуляцію з множинними варіантами ризиків і вивести середнє значення для реалістичного часу завершення проекту.

Підсумкова модель для оптимізації розробки проектної документації

1. Крок 1: Визначення всіх етапів та часів їх виконання.
2. Крок 2: Побудова моделі критичного шляху для визначення часу завершення проекту.
3. Крок 3: Оптимізація розподілу завдань між учасниками проекту.
4. Крок 4: Моделювання ризиків та відхилень для оцінки реалістичних строків виконання.

Модель буде впроваджена шляхом спочатку детального аналізу наявних процесів розробки проектної документації, що дозволить виявити основні етапи і виявити проблемні зони, де оптимізація найбільш доцільна. Після цього модель інтегрується в існуючі системи управління проектами (наприклад, в програми для планування, моніторингу ресурсів та графіків).

Для перевірки її ефективності проведемо тестування на реальних проектах, де оцінюватимемо, як модель впливає на зменшення часу розробки документації та економію ресурсів.

Під час тестування проводитиметься збір даних і зворотного зв'язку від учасників проекту для коригування моделі під специфіку роботи компанії. Далі передбачається навчання персоналу, який буде використовувати модель для планування та моніторингу етапів розробки документації.

Включатиме підготовку інструкцій і проведення тренінгів для усіх, хто бере участь у процесі. Крім того, буде налаштовано автоматизований моніторинг і регулярне оновлення моделі на основі результатів. Оцінка ефективності, порівняння прогнозів з фактичними результатами допоможуть зрозуміти, чи досягнуто цілей оптимізації, та визначити необхідні коригування.

Таким чином, модель буде адаптована під реальні умови і покращена для подальшого впровадження у інші проекти.

### **6.3 Очікувані результати та ефекти від інтеграції.**

При успішному впровадженні адаптивної системи контролю виробництва будівельні організації можуть розраховувати на суттєві позитивні результати. Як свідчать як теоретичні розробки, так і практичний досвід, основні ефекти інтеграції такі:

- Скорочення часу ухвалення рішень та підвищення оперативності управління. Завдяки встановленню короткого циклу моніторингу і реагування (наприклад, щотижневого) значно зменшується *лаг* між появою проблеми і управлінською реакцією на неї. Замість очікування кінця місяця або спеціальної наради, коригувальні рішення приймаються практично на ходу. Зафіксовано, що вже через кілька циклів впровадження рішення починають прийматися швидше, ланцюги узгодження коротшають. Це особливо критично при роботі в умовах обмежених будівельних сезонів чи стислих строків – *прискорення управління* дозволяє вкластися в дедлайни, які раніше зривалися.

- Одна з цілей підходу – випереджувати проблеми, а не наздоганяти їх. В результаті впровадження відзначається зниження кількості «пожеж» – ситуацій, коли доводиться аврально переробляти графік чи мобілізувати додаткові ресурси, щоб надолужити прогаяне. Система дозволяє виявити і усунути потенційну затримку до того, як вона переросте у критичну. Отже, менш стаються випадки, коли план «летить шкереберть» і доводиться його повністю переробляти – обсяг перепланування істотно скорочується. Будівельні роботи йдуть більш рівномірно, без різких провалів і стрибків.

- Підвищення точності дотримання строків та бюджету. Завдяки постійному контролю і коригуванню проект у більшості випадків вдається

завершувати у заплановані строки або з мінімальними відхиленнями. Дослідження показують, що інтегроване адаптивне управління сприяє стабільності виконання проектів в строк та в межах бюджету. Тобто відхилення за часом і кошторисом зменшуються. Якщо ж відхилення і виникають, то вони прогнозовані та менеджмент заздалегідь знає, як саме і чому зміняться кінцеві показники. Це підвищує *надійність проекту* в очах замовника: він бачить, що команда контролює ситуацію і тримає обіцянки.

- Покращення координації та ефективності використання ресурсів. Інтегрована система, як зазначалося, створює єдину модель проекту, де інформація від всіх відповідальних поєднана. Це дає змогу компанії діяти злагодженіше. Спостерігається покращення координації між учасниками будівництва, відділами та службами компанії; ефективніше управління ресурсами (трудовими, технічними, матеріальними); систематизація процесів планування та контролю виконання планів; покращення аналітичної роботи; зниження ризиків за проектами; скорочення витрат компанії. Фактично, єдиний адаптивний контур управління усуває дублювання та фрагментацію – замість того, щоб кожен підрозділ оптимізував тільки свій шматок, всі працюють над оптимізацією загального результату.

- Оскільки всі відхилення і дії реєструються в системі, стає зрозуміло, *хто, коли і яке рішення прийняв*, і до яких наслідків це призвело. Це створює культуру підзвітності (accountability): менеджери більш відповідально ставляться до рішень, знаючи, що їхні дії прозорі для інших і результати видно. При цьому не йдеться про пошук винних, а радше про **аудит ефективності** – компанія отримує інструмент, що дозволяє пов'язати наслідки з прийнятими рішеннями. В подальшому це дає можливість коригувати правила: якщо бачимо, що якесь типове рішення раз по раз дає поганий результат, значить треба змінити підхід (і навпаки – успішні кроки можна формалізувати як найкращу практику). Таким чином адаптивність перестає бути мистецтвом окремих талановитих менеджерів, а перетворюється на *відтворюваний процес*, що піддається аналізу і покращенню.

- Підвищення стійкості та готовності до криз. Адаптивна система фактично тренує організацію постійно бути напоготові до змін. Коли трапляються зовнішні шоки (різке подорожчання матеріалів, нові карантинні обмеження, форс-мажор на майданчику), компанія, яка вже працює у режимі постійного моніторингу та швидкої реакції, набагато легше перебудовується. Дослідження підтвердили, що проекти, де впроваджено гнучкі адаптивні моделі управління, мають вищу стійкість і успішність у кризових умовах. Менеджери психологічно готові до того, що зміни – це норма, а інструменти дозволяють швидко оцінити ситуацію і знайти новий оптимальний шлях. Іншими словами, зростає організаційна резильєнтність – здатність не лише вижити у несприятливих обставинах, а й продовжувати ефективно працювати.

- Безперервне вдосконалення процесів (culture of continuous improvement). Поєднання адаптивного циклу і цифрового середовища створює умови для впровадження принципів *Kaizen* у управлінні проектами. Кожен цикл – це можливість навчитися чомусь: дані про виконання аналізуються, знаходяться повторювані причини проблем, команда разом обговорює, як їх усунути структурно. Наприклад, якщо щораз затримуються земляні роботи через погодні умови, можливо, варто інвестувати в кращий дренаж або змінити графік виконання цих робіт. Якщо часто простоює кран – можливо, є сенс переглянути черговість монтажних операцій чи орендувати додатковий кран. Адаптивна система не тільки гасить сьогоднішню пожежу, але й *навчає, як запобігти завтрашній*. В довгостроковій перспективі це підвищує зрілість управління: з кожним проектом організація стає мудрішою, процеси стандартизуються на базі реально працюючих практик, а не теоретичних припущень.

Кількісні показники ефективності, звісно, будуть залежати від специфіки проектів і вихідного рівня. Але в літературі фіксуються приклади, коли впровадження цифрових адаптивних підходів підвищувало продуктивність праці на 20–30%, скорочувало середні відхилення від графіка на 15–20%, знижувало перевитрати бюджету на 10–15%. Наприклад, в одному

з досліджень для публічних проектів показано, що гнучка модель управління дозволила скоротити терміни реалізації та забезпечити стійкість проектів у публічній сфері навіть за високої нестабільності.



Рисунок 6.4 – Уніфікація мети цілей стейкхолдерів

Ще одним важливим результатом є посилення взаєморозуміння зі стейкхолдерами. Оскільки адаптивний підхід передбачає регулярну комунікацію та прозоре відображення стану проекту, замовники і партнери отримують більше впевненості. Швидке погодження змін, наочні дані (наприклад, дашборди прогресу) покращують довіру між замовником і підрядником, зменшують конфлікти щодо оплат чи строків. Фактично, інтеграція системи контролю в управління створює *єдиний інформаційний простір* не тільки всередині компанії, але й на межі з замовником – що особливо цінно, бо будівництво часто страждає від проблем комунікації між сторонами контракту.

На рівні підприємства можна очікувати і **економічного ефекту**: зниження непродуктивних витрат, штрафів за прострочення, більш раціональне використання ресурсів означатимуть збільшення прибутковості проектів. Хоча спочатку потрібні інвестиції (в програмне забезпечення, навчання тощо), вони окупаються за рахунок підвищення ефективності. Зрештою, адаптивне цифрове управління стає конкурентною перевагою –

компанія, що виконує проекти вчасно і якісно, здобуває репутацію надійного підрядника і отримує більше замовлень.

Розвиток будівельної галузі в умовах цифрової трансформації висуває нові вимоги до систем управління проектами. Традиційні методи, що ґрунтуються на жорстких планах і повільному циклі прийняття рішень, вже не забезпечують необхідної гнучкості та стійкості у мінливому середовищі. Дослідження показало, що **адаптивне управління**, інтегроване з сучасними цифровими технологіями, є ефективним інструментом оптимізації управлінських рішень у будівництві.

Організаторські рішення формують замкнений цикл безперервного контролю і коригування, який підвищує стійкість проекту до непередбачуваних подій та покращує оперативність реагування на відхилення. Воно базується на принципах гнучкого планування, проактивного ризик-менеджменту, швидкого зворотного зв'язку та розподілу повноважень для прискорення рішень. Запорукою успіху цього підходу є **цифрове середовище** – впровадження BIM, IoT, аналітики даних та інших IT-рішень, які забезпечують актуальною інформацією і засобами комунікації всіх учасників проекту. Цифрові технології дозволяють побудувати гнучку архітектуру управління, в якій рішення приймаються на основі даних, процеси легко перебудовуються під нові умови, а організація постійно навчається і вдосконалюється.

Інтеграція адаптивної системи контролю виробництва в управлінський контур підприємства повинна здійснюватися системно і поетапно. Необхідно підготувати процеси, людей і технології: встановити чітку періодичність циклів, визначити формат даних і звітності, навчити персонал новим підходам та розподілити зони відповідальності. У ході впровадження важливо врахувати потенційні ризики – опір змінам, інформаційну неоднорідність, технічні збої – і завчасно вжити заходів для їх мінімізації (комунікація, навчання, тестування, посилення кібербезпеки тощо).

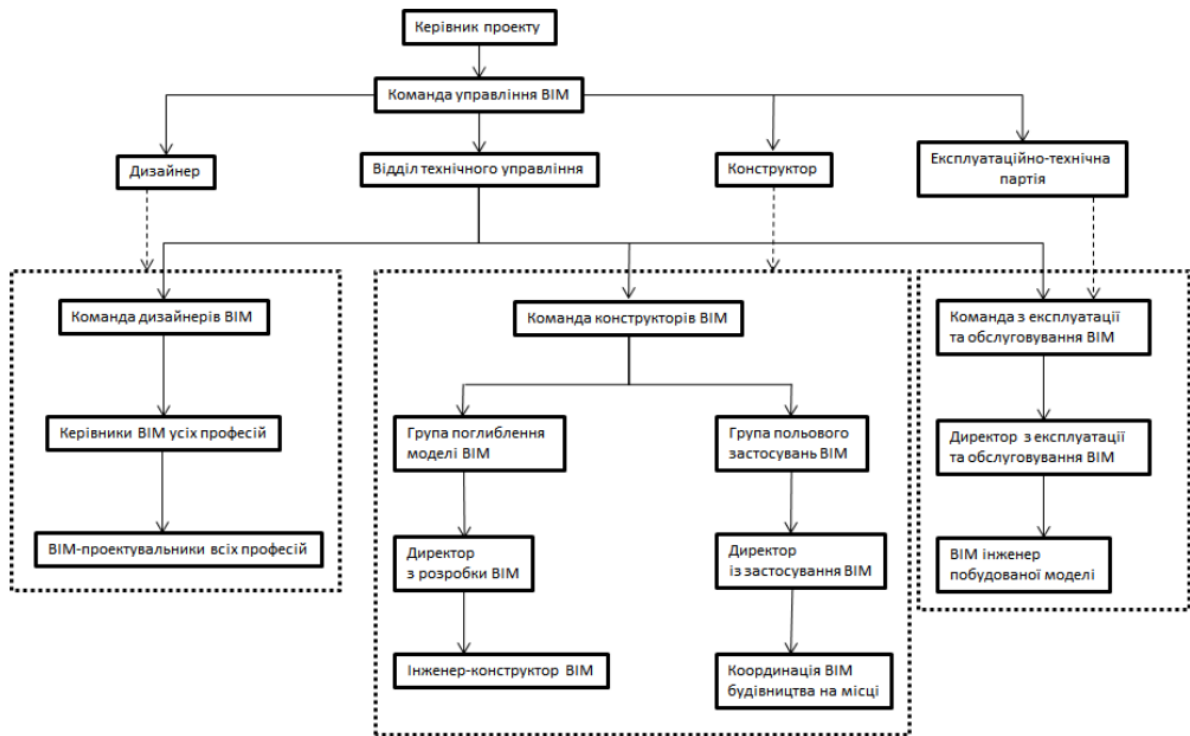


Рисунок 6.5 – Структура групи управління з використанням інформаційного моделювання

Отримані результати від впровадження підтверджують доцільність такого підходу: проекти стають більш **керованими і прогнозованими**, зменшуються затримки та перевитрати, підвищується продуктивність і якість координації робіт. Організація набуває *динамічної стійкості* – здатності не лише протидіяти негативним впливам, а й швидко відновлюватися після них і навіть використовувати зміни на свою користь (знаходячи більш ефективні рішення в процесі адаптації). Управлінські рішення, прийняті в умовах інтегрованого цифрового контролю, характеризуються більшою обґрунтованістю та швидкістю, що зрештою оптимізує весь виробничий процес.

Отже, оптимізація управлінських рішень через інтеграцію системи контролю виробництва є реальним шляхом підвищення ефективності будівництва в цифрову епоху.

Запропонована концепція не додає надмірної складності, а навпаки – встановлює *дисциплінований зворотний зв'язок*, який вчасно виявляє значущі

відхилення, направляє їх на відповідний рівень управління та застосовує мінімально достатні коригування]. Впровадження такої системи рекомендується починати з невеликих кроків: стабільної короткої каденції (тижневий цикл), уніфікованого зрізу відхилень, заздалегідь визначених прав ухвалення рішень та суворого журналювання дій і ефектів. Як показує практика, вже протягом кількох циклів проект може очікувати помітних поліпшень – швидшого прийняття рішень, меншої кількості незапланованих перепланувань, чіткого простежування наслідків управлінських кроків – перетворюючи адаптивність з вимушеної імпровізації на підконтрольну, аудиторськи відслідковувану практику.

Науковий підхід і сучасні технології, поєднані в рамках адаптивного управління, виступають важливим інструментом забезпечення сталого розвитку будівельних підприємств у нестабільному середовищі. Результати дослідження мають як теоретичну, так і прикладну цінність: вони закладають основу для подальших розробок методології *Construction 4.0*, а також можуть бути використані керівниками проектів і підприємств для практичного вдосконалення своїх систем управління. В умовах постійних змін уміння організації швидко вчитися і адаптуватися стає вирішальним фактором успіху.

Інтеграція систем контролю – це шлях до того, щоб будівельні проекти майбутнього здійснювалися більш передбачувано, злагоджено і ефективно, на благо всіх стейкхолдерів галузі.

## ВИСНОВКИ

1. У межах дипломного проєкту розроблено модель організаційної надійності для етапів проєктування та будівництва багатоповерхових житлових будівель, що підвищує ефективність управління будівельним процесом. Модель враховує ризики, кореляції між етапами та визначає критичні процеси, що забезпечує стабільне виконання календарного плану і знижує ймовірність відхилень від графіка.

2. Запропонована методологія оцінки організаційної надійності є ефективним інструментом для аналізу взаємозв'язків між технологічними, ресурсними та організаційними параметрами, що дає змогу оптимізувати використання часу та ресурсів, підвищити передбачуваність результатів проєкту та забезпечити контроль над виконанням робіт.

3. Результати математичного моделювання підтвердили, що методика оцінювання організаційної надійності дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми, визначати необхідні резерви часу та ресурсів. Підхід покращує управління ризиками, мінімізує затримки та перевитрати і зміцнює стійкість календарного плану до зовнішніх відхилень.

4. Моделювання організаційної надійності показало свою доцільність для практичного застосування в житловому будівництві. Запропонований підхід покращує ефективність планування та стабільність виконання робіт, і може бути основою для розвитку нових цифрових моделей прогнозування ризиків та вдосконалення систем управління будівельними процесами в сучасному будівництві.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ Б А.2.4-6:2009 Правила виконання робочої документації генеральних планів, – 30с.
2. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», К.: Мінрегіон України, 2017, – 47с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Чинний від 01.11.2011], 80с. (Інформація та документація).
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 01.09.2022]. Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП «ДНДІБК»), 23с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Чинний від 01.03.2023]. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 60с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT)
7. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності) [Чинний від 01.12.2019]. Технічний комітет стандартизації «Експертиза містобудівної та проектної документації на будівництво» (ТК 319), 19с. (Інформація та документація).
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» (для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 – «Промислове та цивільне будівництво») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова; уклад.: Є. С. Сєдишев. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2013. – 50 с.
9. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011, 71с.

10. Методичні вказівки до виконання з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції». Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 35 с.

11. Конспект лекцій з курсу «Проектування залізобетонних конструкцій» (для студентів 4 і 5 курсів всіх форм навчання напряму підготовки 6.060101 / Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева; Харків. НУ міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 105с.

12. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови, 28с.

13. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

14. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник / А. М. Дорош. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 255 с.

15. Система проектної документації для будівництва. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 1 січня 2007]. – К. : Держстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національні стандарти України).

16. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва, 62с.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.

18. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарних будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови (ГОСТ 23407-78, MOD), К.: Мінрегіон України, 2012. – 12с.

19. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва, 57с.

20. Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.

21. Залізобетонні конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів напряму підготовки 6.060101 Будівництво/ В.Є. Волкова. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2013. – 25 с
22. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, 131 с.
23. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги, К.: Держбуд України, 2012. – 14с.
24. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», К.: Мінрегіон України, 2018. – 137с.
25. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)», К.: Мінрегіон України, 2012. – 31с.
26. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», К.: Держбуд України, 2012. – 202с.
27. Конспект лекцій з курсу «Безпека праці в будівництві». Заїченко В. І. 2014 – 97с.
28. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Термини и визначення основних понять», Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та
29. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи: ДБН В.1.2-2:2006.
30. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків», ДП «УкрНДНЦ», 2016, 110 с.
31. Чечель М.В., Герасименко І.О., Познанський Д.В., Кушнір Д.Р. Оптимізація розробки проєктної документації за допомогою технології BIM. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, вип. №45 (2024), С. 448-458.
32. Коротченко Н. О. Штучний інтелект як чинник модернізації публічного управління в умовах діджиталізації суспільних відносин. Державне будівництво. 2025. № 1 (37). С. 93–102. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-2337-2025-1-06>

33. В. М. Андрухов і В. В. Матвійчук. Основні засади вим проектування при розробці конструктивних рішень в Autodesk Revit. СучТехнБудів, вип. 28, вип. 1, с. 18–26, Груд 2020.

34. Державне будівництво : зб. наук. праць ; електронне видання. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна. – 2022. – № 1 (31). – 128 с.

35. Фащевська Б.О.. Технології та платформи для мобільних застосунків документообігу. Інформаційні технології і системи в документознавчій сфері. (Чер 2025), 28-30.

36. Піна, А., Роговичу, О., Пустовит, В., Гуменюк, Д., & Vyshemirskyi, М. (2021). Розробка регулюючого керівництва із застосування та обґрунтування ризик-інформованого технічного обслуговування. Ядерна та радіаційна безпека, (4(92), 12–18. [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.4\(92\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.4(92).02)

37. Jiao, Y., & Cao, P. (2023). Research on Optimization of Project Design Management Process Based on BIM. Buildings, 13, 2139. <https://doi.org/10.3390/buildings13092139> .

38. В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук. Алгоритмізація міждисциплінарної координації розділів проектування в Autodesk Navisworks Manage», СучТехнБудів, вип. 26, вип. 1, с. 88–95, Сер 2019.

39. В. М. Андрухов, А. С. Потеха, і В. О. Басістий. Комплексна оцінка доцільності використання ВІМ технологій для будівельного проекту, СучТехнБудів, вип. 36, вип. 1, с. 161–165, Сер 2024.

40. Кулік М. В. Формування оптимізаційних рішень на базі ВІМ-технологій при розробці проектної документації багатоповерхової житлової будівлі : кваліфікаційна робота магістра спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" / наук. керівник А. В. Банах. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 98 с.

41. Левченко Н. М., Помазан М. Д., Чечель М. В., Нескородова О. В., Скачков Р. О. Оптимізація демонтажу та повторного використання будівельних матеріалів у рамках циркулярної економіки // Український журнал будівництва та архітектури. 2025. № 5 (029). С. 73–81.

**Додаток А**  
**Кошторис**