

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 БУДІВНИЦТВА МАЛОПОВЕРХОВОГО ГУРТОЖИТКУ ДЛЯ
ПРАЦІВНИКІВ ВАХТОВОГО МЕТОДУ РОБОТИ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ
THE CONSTRUCTION PROJECT OF A LOW-RISE DORMITORY FOR SHIFT
WORKERS IN THE KHARKIV REGION

Виконала: студентка II курсу, групи БАД-113м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

КУШНІР Д.Р.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник БОБРАКОВ А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ПОМАЗАН М.Д.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2024

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

КУШНІР Дарії Романівни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проект будівництва малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу роботи в Харківській області. The construction project of a low-rise dormitory for shift workers in the Kharkiv region

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент БОБРАКОВ Анатолій Анатолійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «_____» квітня 2024 року №_____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 грудня 2024 року
 3. Вихідні дані до проєкту (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	ПРІЗВИЩЕ, 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 2024 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)

Дарія КУШНІР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Анатолій БОБРАКОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра: 110 с., 13 табл., 13 рис., 1 дод., 57 джерел.

Структура та обсяг роботи. Ця робота є науковим дослідженням на тему оптимізації календарного планування будівельних проєктів для підвищення ефективності будівництва на прикладі малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу в Харківській області. Дослідження акцентує увагу на використанні сучасних методів календарного планування та оптимізації ресурсів для зниження витрат та ризиків відхилення від запланованих термінів будівництва в умовах невизначеності.

Методи дослідження – Дослідження базується на методах аналізу та узагальнення наукових праць вітчизняних та зарубіжних авторів, а також на аналізі нормативних документів, що регулюють календарне планування та оптимізацію будівельних процесів. Досліджується впровадження інноваційних підходів, таких як метод критичного шляху (CPM), техніка оцінки та перегляду програм (PERT), а також застосування методів нелінійного програмування для покращення точності планування з подальшим математичним моделюванням.

Об'єкт дослідження – проєкт будівництва малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу в Харківській області.

Предмет дослідження – оптимізація календарного планування в будівельній галузі для зниження строків будівництва.

Актуальність теми полягає в наступному: в необхідності адаптації існуючих методів календарного планування до умов сучасного будівництва, зокрема будівництва вахтових гуртожитків, які потребують чіткої координації матеріальних і людських ресурсів. Сучасні будівельні проєкти стають все складнішими, що вимагає інтеграції більш досконалих методів планування для забезпечення своєчасного виконання робіт. У період воєнного стану особливо важливо впроваджувати ефективні стратегії управління ресурсами, щоб зменшити ризики зриву проєктів і мінімізувати перевитрати.

КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА,
ВІДБУДОВА МІСТ, ЗВЕДЕННЯ ТА МОНТАЖ БУДІВЕЛЬ, РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis: 110 pages, 13 tables, 13 figures, 1 app, 57 sources.

Structure and Scope of Work. This work is a scientific study on the topic of optimizing schedule planning for construction projects to improve the efficiency of constructing a low-rise dormitory for shift workers in the Kharkiv region. The study focuses on the use of modern scheduling methods and resource optimization to reduce costs and minimize the risks of deviation from the planned construction deadlines under conditions of limited budgets and strict work deadlines.

Research Methods. The study is based on methods of analysis and synthesis of scientific works by domestic and foreign authors, as well as on the analysis of regulatory documents governing schedule planning and optimization of construction processes. The research explores the introduction of innovative approaches such as the Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), and the application of nonlinear programming methods to improve scheduling accuracy with subsequent mathematical modeling.

Object of research: The construction project of a low-rise dormitory for shift workers in the Kharkiv region.

Subject of research: Optimization of schedule planning in the construction industry to reduce construction timelines..

The relevance of this topic lies in the need to adapt existing scheduling methods to the conditions of modern construction, particularly for the construction of dormitories for shift workers, which require precise coordination of material and human resources. Modern construction projects are becoming increasingly complex, which necessitates the integration of more advanced planning methods to ensure timely project execution. In the period of martial law, it is especially important to implement effective resource management strategies to reduce the risks of project delays and minimize overspending.

SCHEDULE PLANNING, CONSTRUCTION OPTIMIZATION, CITY RECONSTRUCTION, BUILDING ERECTION AND INSTALLATION, RESOURCE SAVING

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	9
1.1 Розробка генерального плану ділянки	9
1.2 Огляд об'ємно-планувальних рішень	10
1.3 Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції	12
1.3.1 Розрахунок на утворення конденсату	15
1.4 Визначення конструктивних елементів будівлі	16
1.5 Інженерне оснащення будівлі	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	24
2.1 Розрахунок попередньо-напруженої плити перекриття.....	24
2.1.1 Інформація до розрахунку	24
2.1.2 Визначення навантажень	25
2.1.3 Прийняті конструктивні рішення.....	26
2.1.4 Визначення міцності по нормальному перерізу	28
2.1.5 Розрахунок по міцності перетинів похилих до подовжньої осі.....	32
2.1.6 Розрахунок на появу тріщин, нормальних до подовжньої осі	34
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Загальні відомості щодо технології будівництва.....	36
3.2 Розробка технологічної карти на монтаж плит покриття та перекриття ..	37
3.3 Вибір монтажного крану	39
3.4 Визначення обсягів будівельно-монтажних робіт.....	42
3.5 Календарне планування будівництва.....	47
3.6 Розрахунок будівельного генплану	50
3.6.1 Визначення потреби в тимчасових будівлях і спорудах	51
3.6.2 Визначення площі складських площадок.....	53
3.6.3 Водопостачання будівельного майданчику	54
3.6.4 Потреба в електрозабезпеченні будмайданчику	56
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	59

4.1 Розробка локального кошторису	59
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ	61
5.1 Цивільний захист в будівництві	61
5.1.1 Підвищення рівню безпеки укриття	64
5.2 Аналіз небезпечних зон на будмайданчику	65
5.3 Особливості проведення будівництва в холодну пору року	69
5.4 Освітлення будівельного майданчику	73
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	75
6.1 Аналіз проблематики календарного планування в будівництві.....	75
6.2 Методологія оптимізації календарного планування в будівництві	82
6.3 Математична модель для формалізації процесу планування	91
ВИСНОВКИ.....	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	98
Додаток А.....	104

ВСТУП

У сучасному будівництві вирішення завдань, що постають перед галуззю, потребує впровадження інноваційних технологій та сучасних підходів як у проектуванні, так і в організації будівельних процесів. Будівельна галузь є важливим рушієм економіки, тому постійне вдосконалення методів будівельного виробництва та управління ресурсами сприяє розвитку не тільки конкретних проєктів, але й держави в цілому.

В умовах зростаючої складності будівельних проєктів оптимізація логістичних рішень є необхідністю для досягнення ефективності. Сучасне будівництво промислових і цивільних об'єктів вимагає використання передових технологій, які дозволяють раціонально використовувати матеріальні та трудові ресурси, забезпечуючи при цьому високу якість будівництва та скорочення термінів реалізації. Оптимізація календарного планування стає невід'ємною складовою цього процесу, особливо в умовах жорстких вимог щодо енергоефективності та ресурсозбереження.

Сучасні інструменти, такі як електронні обчислювальні машини та системи автоматизованого проектування, дозволяють фахівцям підвищити точність планування та оптимізувати логістичні процеси на будівельних майданчиках. Завдяки впровадженню цих технологій можливим стає зниження витрат, скорочення строків виконання робіт і підвищення надійності будівельних конструкцій.

Таким чином, раціональне управління ресурсами, енергоефективні рішення та постійне вдосконалення процесів планування є визначальними факторами успіху сучасного будівництва.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Розробка генерального плану ділянки

Проект передбачає будівництво малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу роботи в Харківській області. Обрана територія знаходиться у зоні, що належить до першого кліматичного району. Земельна ділянка, на якій заплановане будівництво, має площу 190 на 140 метрів, що дозволяє ефективно розмістити як сам гуртожиток, так і всі необхідні інфраструктурні елементи для забезпечення комфортного перебування працівників. Рельєф місцевості рівнинний, що суттєво полегшує виконання будівельних робіт. Глибина промерзання ґрунту на території становить 1 метр. Основою є червоно-жовті тугопластичні суглинки.

Окрім самого гуртожитку, на території передбачено розміщення інших важливих об'єктів інфраструктури, таких як стоянка для автотранспорту, технічні приміщення та рекреаційні зони для працівників. Усі об'єкти розміщено з урахуванням вимог санітарних та протипожежних норм, що гарантує безпеку і зручність для мешканців. Розташування будівлі з урахуванням напрямку пануючих вітрів забезпечує оптимальні умови для вентиляції приміщень та захисту від несприятливих погодних умов. Дані для побудови рози вітрів узяті згідно з нормативами ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.

На ділянці передбачено озеленення: висаджено дерева та облаштовано газони, що створюють затишну атмосферу для відпочинку працівників після робочого дня. Для пересування територією проектом передбачено асфальтовані тротуари шириною 1,5 метра, а також дороги для службового транспорту шириною 3,5 і 6 метрів. Це дозволяє забезпечити зручний доступ до будівлі для технічного персоналу, медичних служб та постачальників.

Особлива увага приділяється інженерним комунікаціям. Проектом передбачено підведення всіх необхідних мереж життєзабезпечення:

водопровід для забезпечення потреб мешканців, каналізація для ефективного відведення стічних вод, система тепlopостачання для підтримання комфортної температури в холодний період року, а також надійне електропостачання.

Передбачено сучасну систему збору дощової води, яка буде використовуватися для поливу зелених насаджень, що допоможе раціонально використовувати природні ресурси та підтримувати чистоту території.

1.2 Огляд об'ємно-планувальних рішень

Будівля гуртожитку має компактну прямокутну форму. Загальна довжина споруди становить 35 м, а ширина – 12 метрів, що дозволяє ефективно використовувати внутрішній простір для потреб мешканців. Будівля складається з трьох поверхів.

Висота першого поверху становить 3,6 метра, що створює додатковий комфорт для розміщення приміщень загального користування, таких як вестибюль, технічні приміщення та рекреаційні зони. Висота наступних двох поверхів трохи менша – 3,3 метра, що є оптимальним для житлових приміщень. Загальна висота будівлі досягає 10,51 метра.

По обидва боки основної будівлі передбачені сходові клітки розміром 3,0 на 7,4 метра, що забезпечують швидкий і зручний доступ до всіх поверхів, а також відповідають вимогам безпеки щодо евакуації у разі надзвичайних ситуацій.

Конструкція будинку передбачає безкаркасну систему з поздовжніми несучими стінами, що забезпечує стійкість і довговічність споруди. Проліт між стінами становить 6,0 та 6,6 метра, що дозволяє раціонально розподілити внутрішній простір. Будівля має два прольоти, що забезпечують чітку та функціональну планувальну структуру.

Клас будівлі визначено як 1, що означає високий рівень надійності та міцності споруди.

Ступінь вогнестійкості також найвищий – 1, що гарантує безпеку мешканців у разі виникнення пожежі. Крім того, будівля має перший ступінь довговічності, що свідчить про використання якісних будівельних матеріалів і продумане інженерне рішення.

Планувальна схема будинку – коридорна, що дозволяє організувати зручний доступ до кімнат з центрального коридору. Гуртожиток розрахований на одночасне проживання 154 осіб. Для цього запроектовані спальні приміщення, в яких розміщуються по 3, 4 або 5 осіб. Таке планування дозволяє гнучко організувати житлові приміщення залежно від потреб працівників та тривалості їх перебування.

Експлікація приміщень наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень

№ приміщення	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
	<i>1 поверх</i>		
101	Сходові клітки	16,3	Д
102	Вбиральня	4,3	Д
103	Вмивальна кімната	2,4	Д
104	Коридор	1,6	Д
105	Вбиральня	2,1	Д
106	Приміщення вбирального інвентарю	5,2	Д
107	Вмивальна кімната	6,7	Д

№ приміщення	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
108	Вбиральня	9,2	Д
109	Кабінет	18,3	Д
110	Пропедурна	13,0	Д
111	Кабінет лікаря	15,0	Д
112	Вмивальна кімната	1,7	Д
113	Вбиральня	1,9	Д
114	Вмивальна кімната	1,7	Д
115	Вбиральня	1,9	Д
116	Ізолятор	19,5	Д

Продовження табл. 1.1

№ приміщення	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення	№ приміщення	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
117	Ізолятор	17,8	Д	208	Спальня	13,4	Д
118	Кабінет психолога	20,3	Д	209	Спальня	17,7	Д
119	Приміщення чергового	3,7	Д	210	Роздягальня	7,0	Д
120	Вестибюль	44,5	Д	211	Приміщення вбирального інвентарю	2,5	Д
121	Гардеробна	17,4	Д	212	Вбиральня	2,1	Д
122	Приміщення персоналу	15,3	Д	213	Вмивальна кімната	1,4	Д
123	Кабінет електролікування	22,0	В	214	Душова	6,0	Д
124	Кабінет стоматолога	12,0	Д	215	Санвузол	2,5	Д
125	Приміщення стерилізації	12,0	Д	216	Коридор	5,1	Д
126	Кабінет інгаляції	18,7	Д	217	Коридор	22,5	Д
127	Коридор	22,2		218	Кімната вихователя	16,3	Д
128	Тренажерний зал	45,2	Д	219	Спальня	23,4	Д
129	Роздягальня	11,3	Д	220	Спальня	22,8	Д
130	Вбиральня	4,1	Д	221	Коридор	10,1	Д
131	Душова	5,7	Д	222	Спальня	17,5	Д
132	Сходові клітка	16,3	Д	223	Спальня	21,4	Д
133	Коридор	22,1	Д	224	Спальня	23,1	Д
134	Тамбур	7,7		225	Коридор	22,3	Д
135	Підсобне приміщення	3,2	Д	226	Спальня	22,8	Д
	Разом	442,3	Д	227	Чоловічий туалет	9,6	Д
	2 поверх			228	Вмивальна кімната	7,2	Д
201	Вмивальна кімната для хлопчиків	11,2	Д	229	Приміщення для сушіння одягу	5,3	В
202	Приміщення	12,6	Д	230	Сходові клітка	17,7	Д
203	Спальня	17,1	Д	231	Сходові клітка	17,5	Д
204	Спальня	17,6	Д	232	Балкон	2,9	Д
205	Кімната відпочинку	37,1	Д		Разом	443,1	Д

1.3 Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції

Під час проєктування будівлі в Харківській області (І кліматична зона) необхідно визначити оптимальну товщину теплоізоляційного шару для зовнішньої цегляної стіни. Це потрібно для забезпечення комфортного

мікроклімату всередині будівлі та дотримання енергозберігаючих стандартів. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель, розрахункова температура внутрішнього повітря та відносна вологість визначаються для приміщень із нормальним режимом вологості, які експлуатуються за умовами категорії Б. Визначення температури зовнішнього повітря проводиться на основі даних, що відповідають кліматичній зоні регіону.

У конструкції зовнішньої стіни використовується цегляна кладка з теплоізоляційним шаром, розміщеним із зовнішнього боку стіни. Для досягнення високої ефективності теплоізоляції вибрано мінераловатні плити на синтетичному в'язучому із щільністю, що відповідає вимогам до подібних споруд. Внутрішні та зовнішні поверхні стіни обштукатурені для забезпечення додаткового захисту від зовнішніх чинників та поліпшення теплових характеристик будівлі.

На рис. 1.1 наведена розрахункова схема цегляної стіни, яка демонструє всі елементи конструкції.

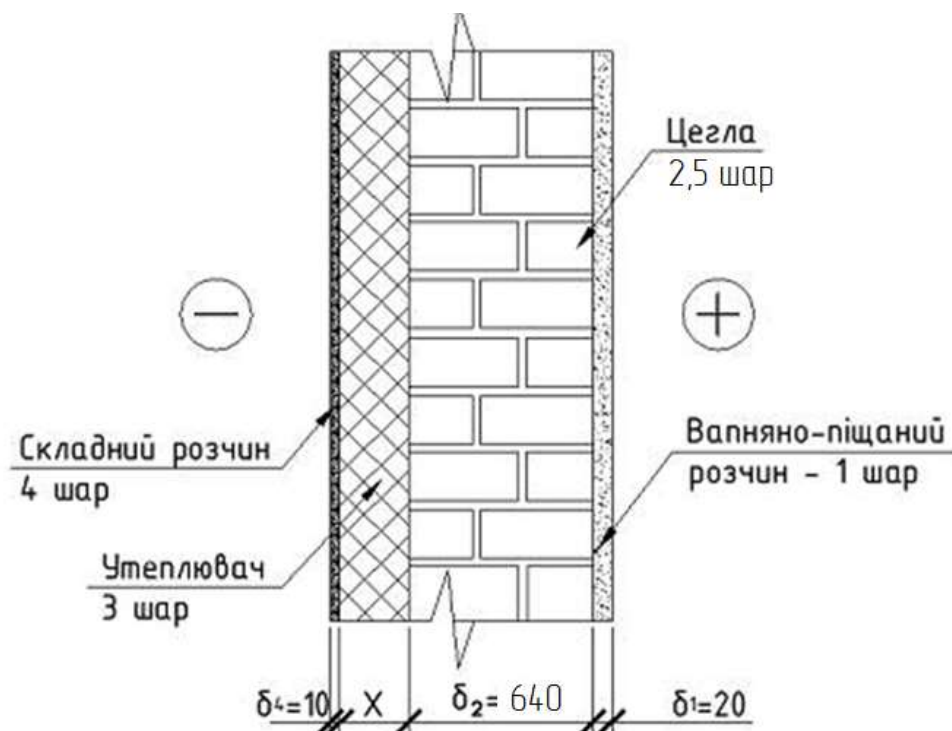


Рисунок 1.1 – Принципова конструктивна схема зовнішньої стіни

Важливими параметрами для цього розрахунку є коефіцієнти теплопередачі як для внутрішньої, так і зовнішньої поверхонь стіни, які враховують втрати тепла через конструкцію. Таким чином:

Цегляна кладка глиняна $\lambda = 0,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$; $\delta_1 = 0,64 \text{ м}$;

Плити з мінеральної вати (синтетичне в'язуче) $\lambda = 0,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$; $\delta_2 = x \text{ м}$;

Розчин з шпаклівки (мінеральна) $\lambda = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$; $\delta_1 = 0,01 - 0,02 \text{ м}$;

Розчин вапняно-піщаний $\lambda = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$; $\delta_1 = 0,01 - 0,02 \text{ м}$;

Коефіцієнти теплопередачі внутрішніх та зовнішніх поверхонь (1.1):

$$h_i = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; h_{ex} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \quad (1.1)$$

Для забезпечення необхідного рівня теплоізоляції товщина утеплювача розраховується за формулою (1.2):

$$\delta_2 = \left(R_{q \min} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \cdot \lambda_2 \quad (1.2)$$

$$\delta_2 = \left(2,8 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,64}{0,52} - \frac{0,02}{0,87} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,04 = 0,055 \text{ м}$$

. На основі уніфікованих розмірів матеріалів прийнято рішення використовувати теплоізоляційний шар товщиною 100 мм. Після цього проводиться перевірка приведенного опору теплопередачі захисної конструкції за формулою (1.3).

Мінімально допустимий опір теплопередачі складає $R_{q \min} = 4,0 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,52} + \frac{0,1}{0,038} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,06 \frac{m^2 \times K}{Bm} \quad (1.3)$$

Таким чином, мінімальний термічний опір забезпечений.

1.3.1 Розрахунок на утворення конденсату

Необхідним етапом є розрахунок можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні конструкції. Для цього визначається температура на внутрішній поверхні стіни, яка повинна бути вищою за точку роси, щоб уникнути конденсації вологи (1.4):

$$t_e = t_g - \frac{t_g - t_n}{R_{\Sigma np} \cdot \alpha_e} = 22 - \frac{22 - 22}{3,14 \cdot 8,7} = 20,3^\circ C \quad (1.4)$$

Якщо умова дотримана, конденсат не утворюється, що свідчить про правильний вибір товщини та матеріалу утеплювача. Визначаємо температуру точки роси за формулою (1.5):

$$t_{m.p.} = 20,1 - (5,75 - 0,00206e_e)^2, ^\circ C \quad (1.5)$$

, де: e_e – парціальний тиск водяної пари, Па. Розраховується за формулою (1.6):

$$e_e = 0,01 \cdot \phi_e \cdot E_e, Pa \quad (1.6)$$

, де: E_e – насичений парціальний тиск водяної пари, Па (1.7):

$$E_g = 477 + 133,3(1 + 0,14t_g)^2, Pa$$

$$E_g = 477 + 133,3(1 + 0,14 \cdot 22)^2 = 2696 Pa \quad (1.7)$$

Таким чином, переходимо до розрахунку за формулою (1.6):

$$\tau_{m.p.} = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot 1348)^2 = 11,3^\circ C$$

Оскільки $\tau_v = 20,3^\circ C > \tau_{t.p.} 11,3^\circ C$, то умова виконується, а значить, конденсат не утворюється, а матеріал й товщина мінеральних плит були розраховані вільно.

З урахуванням проведених розрахунків, конструкція стіни з обраною товщиною утеплювача повністю відповідає вимогам щодо теплової ізоляції та експлуатації в умовах Харківської області.

1.4 Визначення конструктивних елементів будівлі

Фундаменти.

Для забезпечення надійної стійкості будівлі були спроектовані стрічкові фундаменти, виконані на основі фундаментних подушок, згідно з серією 1.112-5, та фундаментних блоків за ДСТУ Б.В.2.6-108:2010.

Конструкція передбачає укладання залізобетонних подушок на вирівняний шар піску товщиною 100 мм, який слугує для створення рівної основи під подушки. Залізобетонні подушки виконуються з перев'язкою швів для забезпечення міцності з'єднань, а поверх них, на цементно-піщаному розчині товщиною 20 мм, укладаються бетонні блоки стін підвалу.

Глибина закладення фундаменту є змінною, оскільки вона залежить від різниці між оцінкою низу фундаментів і планувальною оцінкою землі. У разі перепадів рельєфу основа потребує адаптації до місцевих умов. Оскільки проєктом не передбачено облаштування підпілля, фундаменти мають

горизонтальну гідроізоляцію, яка забезпечує захист від проникнення вологи та збереження міцності будівлі.

Вимощення. Для захисту основи будівлі від надмірного зволоження та ефективного відведення дощових і талих вод уздовж периметра будівлі передбачено асфальтове вимощення шириною 1 метр. Процес влаштування вимощення починається з риття траншеї в ґрунті, яке заповнюється щебенем, просоченим бітумом товщиною 100-150 мм. Поверх щебеню укладається шар асфальтової суміші товщиною 30 мм, що забезпечує захист від проникнення вологи. Ухил вимощення від будівлі складає 3%, що дозволяє спрямовувати воду від стін і фундаменту, зберігаючи їх сухими та стійкими до впливу навколишнього середовища.

Стіни. Конструкція стін спроектована з урахуванням сучасних технологій енергоефективності. Зовнішні стіни виконуються із силікатної цегли завтовшки 640 мм, що забезпечує міцність і надійність споруди. Для покращення теплоізоляції з зовнішнього боку стіни використовуються ефективні теплоізоляційні матеріали, такі як ISOVER та ROCKWOOL. Ці мінераловатні плити кріпляться до стіни за допомогою анкерів діаметром 6 мм із загнутими кінцями, виготовленими з нержавіючої сталі. На анкери насаджуються шайби, які притискають плити утеплювача до поверхні стіни. Анкерування проводиться кожні 8 рядів кладки, а також у місцях перекриттів по горизонталі з інтервалом 650 мм. Для забезпечення естетичного вигляду зовнішніх стін на утеплювач наноситься декоративна штукатурка з подальшим фарбуванням.

Внутрішні стіни будівлі також виконуються із силікатної цегли, але їх товщина становить 380 мм. Кладка внутрішніх стін ведеться на цементно-піщаному розчині з обов'язковою перев'язкою швів для досягнення міцності конструкції. У зовнішніх і внутрішніх стінах передбачені віконні та дверні прорізи, які перекриваються залізобетонними перемичками відповідно до серії 1.038.1-1. Вибір марки перемички здійснюється з урахуванням її робочого навантаження та глибини обпирання на стіни. Посилені перемички

встановлюються на шар цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм з глибиною опори на стіну не менше 200 мм з кожного боку, у той час як не посилені перемички мають мінімальну глибину опори 100 мм з кожного боку.

Сходи. Сходові система будівлі спроектована з використанням збірних залізобетонних маршів і площадок заводського виготовлення, що забезпечує їх високу міцність та надійність. Сходові площадки мають ребристу конструкцію, яка складається з поздовжніх ребер, що створюють додаткову стійкість конструкції. Ці ребра спираються в заздалегідь підготовлені гнізда, залишені в цегляній кладці, і встановлюються на шар цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм з глибиною опори 120 мм. Сходові марші також спираються на ці площадки по цементно-піщаному розчину, що забезпечує їх надійне з'єднання та стійкість всієї конструкції сходів.

Перекрыття та покриття. Міжповерхові перекрыття та покриття будівлі виконані з використанням збірних залізобетонних багатопустотних плит. Для даного проекту використовуються плити різних марок, таких як ПК63.10-8т, ПК63.12-8т, ПК63.18-8т, ПК63.15-8т, ПК66.15-8т, ПК27.10-8т, ПК27.12-8т і ПК27.18-8т, що виготовляються за серією 1.141 випуск 1.63. Ці плити мають високу несучу здатність і дозволяють створити міцні перекрыття між поверхами. Кожна плита перекрыття спирається на несучі поздовжні стіни будівлі по шар цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм з глибиною опори не менш як 120 мм. Для забезпечення просторової жорсткості будівлі плити анкеруються між собою, а також фіксуються до цегляної кладки за допомогою сталевих анкерів, виготовлених з арматури 10А240С. Анкери приварюють через одну плиту до підйомних вушок, що забезпечує надійність конструкції.

Плити надходять на будівельний майданчик з попередньо забитими бетонними вкладишами на заводі лише з одного торця. Порожнечі плит, які укладаються на зовнішні стіни, заповнюються легким бетоном безпосередньо на будівельному майданчику. Це робиться для усунення потенційних "містків холоду" та забезпечення додаткової жорсткості плити на опорах. Для

покращення звукоізоляції шви між плитами заповнюються бетоном класу C12/15 або цементним розчином марки M100, що мінімізує передачу звуків між поверхами.

Дах і покрівля. Дах будівлі запроєктовано як сполучений, невентильований, що знижує теплові втрати та забезпечує збереження тепла в будівлі. По плитах покриття над третім поверхом укладається теплоізоляційний матеріал з шаром пароізоляції товщиною 100 мм. Верхній поверх перекривається багатопустотними плитами покриття, на які наноситься вирівнювальна стяжка з цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм для підготовки поверхні до подальших робіт. Поверх стяжки проводиться ґрунтування бітумом, розчиненим у бензині, для створення водовідштовхуючого шару. На таку основу наклеюються два шари покрівельного матеріалу — акваізолу, який забезпечує надійну гідроізоляцію даху. Останнім етапом покриття є нанесення захисного шару гравію товщиною 10 мм на бітумну мастику, що захищає поверхню від механічних пошкоджень та впливу ультрафіолету.

У місцях, де покрівля примикає до парапету, передбачено виконання викружки з цементно-піщаного розчину, яка дозволяє забезпечити щільне прилягання покривного матеріалу до парапетної стіни. Покривний матеріал заводиться на висоту 250 мм для надійного захисту стіни від вологи. По периметру парапетної стіни влаштовується фартух з оцинкованої сталі, який додатково захищає конструкцію від атмосферних опадів. Верхня частина парапетної стіни також покривається покрівельною оцинкованою сталлю для забезпечення її довговічності.

У будівлі передбачено зовнішній організований водовідвід за лотковою схемою, що забезпечує ефективне відведення дощових і талих вод із покрівлі та попереджає їхнє накопичення біля основи будівлі.

Підлоги. У проєкті будівлі передбачено різні види підлогових покриттів, які підбираються залежно від призначення приміщень для забезпечення довговічності та комфортності використання. У житлових

кімнатах та кімнатах обслуговуючого персоналу планується встановлення лінолеумних підлог, що забезпечують тепловий комфорт та легкість у догляді. Лінолеум має високі експлуатаційні характеристики, зокрема стійкість до зносу і простоту в догляді, що є важливим для інтенсивно використовуваних приміщень. У санітарних вузлах передбачено підлоги з керамічної плитки, яка є стійкою до вологи і легко піддається очищенню, що робить її ідеальним вибором для приміщень із підвищеною вологістю. На сходових майданчиках і в коридорах застосовуються підлоги з бетону мозаїчного складу. Такий тип покриття не тільки є дуже міцним і довговічним, але й додає естетичної привабливості приміщенням загального користування завдяки декоративним елементам мозаїчного складу.

Перегородки. Міжкімнатні перегородки спроектовані з гіпсобетону заводського виготовлення, що дозволяє забезпечити швидке і якісне встановлення в процесі будівництва. Товщина таких перегородок становить 100 мм, що забезпечує достатній рівень звукоізоляції між кімнатами. Перегородки фіксуються до стелі за допомогою анкерних скоб, а до стін — за допомогою спеціальних йоржів, що гарантує надійне кріплення конструкції. Для покращення звукоізоляції передбачено герметизацію зазорів між стіною і перегородкою клоччям, змоченим у гіпсовому розчині, що забезпечує захист від шуму та додаткову міцність конструкції. У приміщеннях із підвищеною вологістю (наприклад, у ванних кімнатах і санвузлах) використовуються цегляні перегородки товщиною 120 мм, які стійкі до вологи та забезпечують надійність конструкції в умовах частого контакту з водою.

Вікна і двері. У проєкті передбачено використання полівінілхлоридних (ПВХ) віконних блоків, які відповідають вимогам ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT). Вікна з ПВХ мають високі теплоізоляційні властивості, що дозволяє ефективно зберігати тепло в приміщеннях і знижувати витрати на опалення. Кріплення віконних блоків здійснюється за допомогою кріпильних болтів, які забезпечують надійне з'єднання конструкції зі стіною. Глибина

закладення болтів у стіни прорізу повинна становити не менше 30 мм для забезпечення міцності з'єднання. Монтаж віконних рам розпочинається на відстані 150 мм від внутрішніх кутів рами, з максимальним інтервалом між точками кріплення не більше 600 мм, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження на конструкцію. Зазор між віконною рамою і стіною повинен бути не більшим за 20 мм по ширині і 10 мм по висоті. Після монтажу ці зазори заповнюються пінополіуретановою піною, яка не тільки фіксує вікно, але й забезпечує додаткову теплоізоляцію.

Дверний блок складається з дерев'яної дверної коробки та щитової конструкції дверного полотна, яка кріпиться на роз'ємні петлі. Така система дозволяє легко знімати і встановлювати двері за необхідності. Дверна коробка кріпиться до чотирьох дерев'яних пробок, закладених у стіну при кладці прорізу, за допомогою цвяхів. Це забезпечує надійність кріплення і стійкість дверей у процесі експлуатації. Як і у випадку з вікнами, зазори між дверною коробкою і стіною заповнюються пінополіуретановою піною для забезпечення теплоізоляції та герметичності конструкції.

Специфікація збірних залізобетонних конструкцій наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Специфікація збірних ЗБ конструкцій

Марка	Позначення	Найменування	Кількість				Маса од., кг	Примітка
			на 1 поверх	на 2 поверх	на 3 поверх	всього		
		Перемічки						
1	Серія 1.038.1-1	1ПБ 13-1	103	93	95	291	25	
2		2ПБ 16-2п	17	15	16	48	71	
3		3ПБ 18-37п	102	119	119	340	250	
		Плити перекриття покриття						
4	Серія 1.141-1	ПК 8-63.18	3	3	3	9	3380	
5		ПК 8-63.15	29	29	29	87	2800	
6		ПК 8-63.12	8	8	8	24	2250	
7		ПК 8-63.10	2	2	2	6	1870	
8		ПК 8-27.15	-	-	6	6	1290	
9		ПК 8-27.12	-	-	2	2	970	
10		ПК 8-27.10	-	-	2	2	800	
11		ПК 8-66.15	5	5	5	15	3130	
		Сходові марші						
12	Серія 1.251.1-4	2 ЛМФ 39.14.17-5				8	1420	
		Сходові майданчики						
13	Серія 1.251.1-4	2ЛП 31.18-4-км				8	1850	

Продовження таблиці 1.2

Марка	Позначення	Найменування	Кількість				Маса од., кг	Примітка
			на 1 поверх	на 2 поверх	на 3 поверх	всього		
		Перегородки						
14	Серія 1.231-1	ПГ 36-43	9	6	8	23	1350	
15		ПГ 36-60	3	4	4	11	1850	
16		ПГ 36-30	1	2	3	6	940	
17		ПГ 36-31	1	4	1	6	990	
18		ПГ 36-41	-	5	2	7	1280	
19		ПГ 36-27	2	2	1	5	840	
20		ПГ 36-37	5	1	2	8	1170	
21		ПГ 36-15	-	1	1	2	460	
22		ПГ 36-64	-	1	1	2	1970	
23		ПГ 36-17	8	-	-	8	530	

1.5 Інженерне оснащення будівлі

Опалення. У будівлі запроектовано парове опалення на основі сучасного газового котла Protherm PANTHER 24 KTV, який забезпечує ефективне та надійне теплопостачання. Котел працює з теплоносієм, температура якого варіюється в межах від 70 до 90 °С, що дозволяє підтримувати комфортні умови в приміщеннях навіть у холодну пору року. Цей тип опалення відрізняється високою енергоефективністю та екологічністю, оскільки використовує природний газ як джерело енергії. Система передбачає рівномірний розподіл тепла по всіх приміщеннях будівлі, що забезпечує стабільний температурний режим.

Вентиляція. Вентиляційна система будівлі спроектована як природна припливно-витяжна, що забезпечує постійний обмін повітря у приміщеннях без застосування механічних пристроїв. Ця система дозволяє свіжому повітрю надходити до приміщень через природні припливи, в той час як відпрацьоване повітря виводиться через витяжні канали. Така вентиляція є енергоефективною та не потребує складного обслуговування, що робить її оптимальним рішенням для житлових і громадських будівель.

Водопостачання. Система водопостачання забезпечує подачу господарсько-питної води з зовнішньої мережі. Тиск води в мережі становить 10 метрів, що гарантує стабільний потік води в усіх точках споживання. Місце введення водопостачання знаходиться в осях Б-В, що дозволяє зручно інтегрувати систему у загальну структуру будівлі. Гаряче водопостачання забезпечується за допомогою того ж газового котла Protherm PANTHER 24 KTV, що дозволяє ефективно підігрівати воду для потреб мешканців.

Каналізація. Проектом передбачена господарсько-побутова каналізація, яка відводить стічні води до зовнішньої мережі. Система каналізації охоплює всі санітарні вузли, які обладнані унітазами, умивальниками та душовими кабінками. Каналізаційна система забезпечує швидке і безперешкодне відведення побутових стоків, зберігаючи гігієнічні умови у будівлі.

Електропостачання. Електропостачання здійснюється від зовнішньої мережі з напругою 380/220 В. Місце введення електромережі розташоване в осях А-Б. Система електропостачання спроектована для забезпечення всіх електроприладів та освітлення в будівлі, гарантуючи безперебійну роботу навіть за умов високих навантажень.

Слабкострумові пристрої. У будівлі передбачено встановлення ряду слабкострумових пристроїв для забезпечення сучасних засобів зв'язку. Система включає радіотрансляцію, телевізійну антену, телефонний ввід та інтернет-з'єднання, що забезпечує мешканців усіма необхідними засобами комунікації та медіа.

Водостік. Для відведення дощової та талої води з даху будівлі використовується внутрішня система водостоку з відкритим випуском. Така система дозволяє ефективно відводити воду від будівлі, запобігаючи її скупченню на даху та біля основи. Водостічні труби інтегровані у внутрішню структуру будівлі, що забезпечує їхню захищеність від зовнішніх впливів та естетичний вигляд фасаду.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Розрахунок попередньо-напруженої плити перекриття

2.1.1 Інформація до розрахунку

Панель плити перекриття виготовлена за потоково-агрегатною технологією, яка передбачає електротермічне натягнення арматури на упори, що дозволяє значно підвищити міцність конструкції. Для забезпечення необхідної міцності й довговічності панелі, її виготовляють із застосуванням тепловологісної обробки, що покращує характеристики бетону та забезпечує рівномірність його затвердіння. Конструктивні розміри панелі становлять: довжина $l = 6580$ мм, ширина $b_f = 1480$ мм, а номінальна ширина $b = 1,5$ м.

Розрахункові навантаження. Характеристичне значення рівномірно розподіленого навантаження на перекриття для житлової будівлі визначено відповідно до таблиці 6.2 ДБН В.1.2-2:2006. Це навантаження становить $p_n = 1,5$ кПа, при цьому навантаження від снігового покриву $p_{\text{лгп}}$ дорівнює $0,35$ кПа. Для забезпечення надійності конструкції прийнято коефіцієнт надійності по навантаженню $\gamma_f = 1,3$. За ступенем відповідальності будівля відноситься до 2 класу, а коефіцієнт надійності за призначенням становить $\gamma_n = 0,95$, що підтверджує відповідність конструкції вимогам до житлових будівель.

Бетон. Для виготовлення панелей використовується важкий бетон класу C20/25. $f_{cd} = 14,5$ МПа. Тобто приймаємо $1,45 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$

Початковий модуль пружності бетону E_{cm} визначається як 27×10^3 МПа, що відповідає високим вимогам до міцності матеріалу. При розрахунку за II групою граничних станів розрахункові опори бетону до стиснення $f_{\text{ck}} = 18,5$ МПа, а до розтягування — $f_{\text{ctk}} = 1,6$ МПа.

Арматура. Подовжня робоча заздалегідь напружена арматура виготовлена з класу A800C, що забезпечує високу міцність конструкції. Для розрахунків за першою групою граничних станів розрахунковий опір арматури становить $f_{yw} = 680$ МПа, а для другої групи — $f_{\text{ctk}} = 785$ МПа (ДБН

В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.). Модуль пружності арматури E_s визначається як 19×10^4 МПа. Для поперечної арматури та зварних сіток класу Вр-I використовуються наступні значення:

- для діаметра 3 мм: $f_{yw} = 375$ МПа і $f_{so} = 270$ МПа;
- для діаметра 4 мм: $f_{yw} = 365$ МПа і $f_{so} = 265$ МПа;
- для діаметра 5 мм: $f_{yw} = 360$ МПа і $f_{so} = 260$ МПа; Модуль

пружності поперечної арматури E_s становить 17×10^4 МПа.

Передавальна міцність бетону. Для розрахунків передавальної міцності бетону використовується значення $f_{cdt} = 0,7 \times B = 0,7 \times 25 = 17,5$ МПа. Це забезпечує необхідний рівень міцності на етапі виготовлення та монтажу конструкцій, що дозволяє уникнути деформацій під час перенесення навантажень.

2.1.2 Визначення навантажень

Під час проєктування перекриття враховуються кілька типів навантажень, які впливають на міцність і стійкість конструкції. Основними є навантаження від конструкції самого перекриття, що включає його власну вагу, а також тимчасові навантаження, що виникають під час експлуатації будівлі. Це можуть бути меблі, обладнання, а також тимчасове перебування людей.

Щоб забезпечити точність розрахунків і відповідність нормам, усі ці навантаження для 1 м^2 перекриття збираються та зводяться в табл. 2.1, що допомагає в подальшому визначенні необхідних характеристик матеріалів і конструктивних елементів перекриття

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на плиту перекриття

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кПа	Експлуатаційне розрахункове значення навантаження, кПа	Коефіцієнт надійності щодо граничного навантаження γ_{fm}	Граничне розрахункове значення навантаження, кПа
Постійні				
Керамічна плитка	$0,013 \cdot 18 = 0,234$	0,222	1,3	0,29
2 шари руберойду на бітумній мастиці	$0,001 \cdot 8 = 0,008$	0,0076	1,3	0,01
Цементно-піщане стягування	$0,02 \cdot 18 = 0,36$	0,342	1,3	0,44
Промазування гарячим бітумом за два рази	$0,001 \cdot 8 = 0,008$	0,0076	1,3	0,01
Вага плити	$0,22 \cdot 25 \cdot 0,5 = 2,75$	2,61	1,1	2,88
Разом	3,36	3,19		3,63

2.1.3 Прийняті конструктивні рішення

Геометричні розміри панелі перекриття. Панель перекриття виготовлена як багатопустотна заздалегідь напружена конструкція, що підвищує її міцність і знижує власну вагу. Геометричні параметри панелі наведені на малюнку 2.1, де можна побачити ключові розміри, важливі для розрахунку навантажень.

Розрахунковий проліт панелі становить $l_0 = 6450$ мм (6,45 м), з урахуванням того, що панель спирається на 13 см з кожного боку, тобто фактична довжина спирання враховується у розрахунку (рис. 2.1).

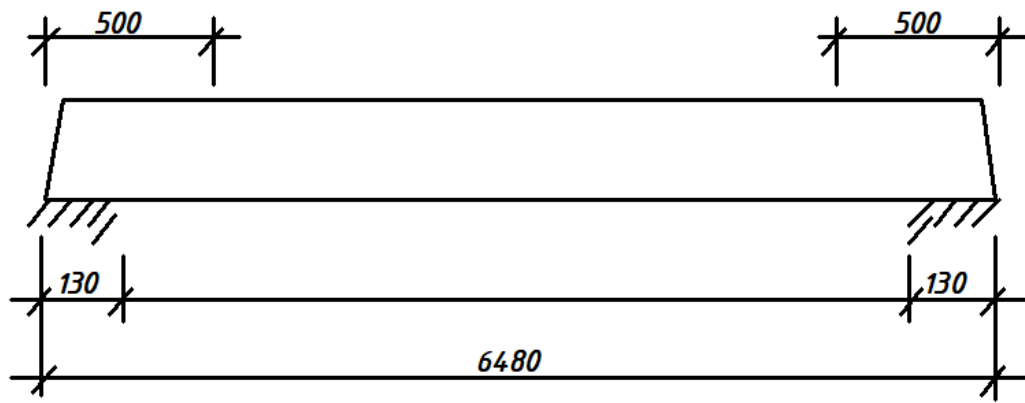


Рисунок 2.1 – Визначення геометричних розмірів

Розрахунки навантажень проводяться для 1 метра довжини панелі, оскільки це є стандартним підходом при проєктуванні перекриттів. У розрахунки включають як власну вагу панелі, так і тимчасові навантаження, що виникають під час експлуатації будівлі.

- Повне розрахункове навантаження (2.1):

$$q = g \times B = (3,63 + 1,5 \times 1,3) \times 1,5 = 8,37 \text{ (кН/м)} \quad (2.1)$$

- Повне нормативне навантаження:

$$q_n = g_n \times B = (3,19 + 1,5) \times 1,5 = 7,04 \text{ (кН/м)} \quad (2.2)$$

- Нормативне тривале навантаження:

$$q_{nl} = g_{nl} \times B = (3,19 + 0,35) \times 1,5 = 5,31 \text{ (кН/м)} \quad (2.3)$$

Розрахунок згинальних моментів і поперечних сил. Для точного визначення навантажень на панель важливо розрахувати згинальні моменти та поперечні сили, що виникають під впливом різних навантажень.

- Згинальний момент від повного розрахункового навантаження (2.4):

$$M = (q \times l_0^2)/8, \text{ кНм}$$

$$M = (8,37 \times 6,45^2)/8 = 35,81 \text{ (кН·м)} \quad (2.4)$$

- Поперечна сила від розрахункового навантаження (2.5):

$$Q = (q \times l_0)/2, \text{ кН}$$

$$Q = (8,37 \times 6,45)/2 = 27,00 \text{ кН} \quad (2.5)$$

Розрахункові параметри від нормативного навантаження також є ключовими для забезпечення відповідності будівельним нормам.

- Згинальний момент від повного нормативного навантаження (2.6):

$$M_n = (q_n \times l_0^2)/8 = (7,04 \times 6,45^2)/8 = 36,61 \text{ кН·м} \quad (2.6)$$

- Момент від тривалого навантаження (2.7):

$$M_{nl} = (q_{nl} \times l_0^2)/8 = (5,31 \times 6,45^2)/8 = 27,61 \text{ (кН·м)} \quad (2.7)$$

- Поперечна сила від повного нормативного навантаження (2.8):

$$Q_n = 0,5 \times q_n \times l_0 = 0,5 \times 7,04 \times 6,45 = 22,70 \text{ (кН)} \quad (2.8)$$

2.1.4 Визначення міцності по нормальному перерізу

Для розрахунку багатопустотної панелі поперечний перетин зводиться до еквівалентного двотаврового профілю з наступними параметрами (рис. 2.2):

- h – висота панелі, $h = 22 \text{ см}$;

- b^f – загальна ширина полиці двотаврового профілю, $b^f = 146$ см;
- b – ширина ребра двотаврового профілю, $b = 188$ мм = 18,8 см;
- h^f – товщина стислої полиці, $h^f = (22 - 15,9)/2 = 3,05$ см ≈ 3 см.

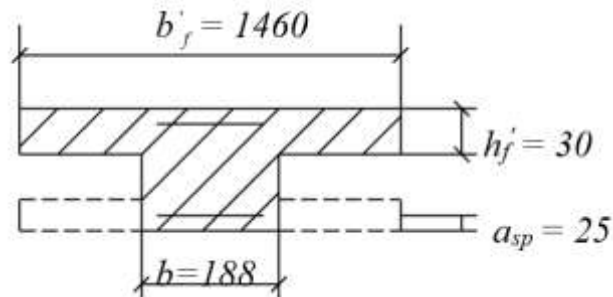


Рисунок 2.2 – Прийнятий розрахунковий переріз

При цьому площі круглих порожнеч замінюються на еквівалентні прямокутники з тією ж площею та моментом інерції.

- $b = 1460$ мм;
- $h^f = 30$ мм;
- $a_{sp} = 25$ мм;
- $b = 188$ мм.

Початкове попереднє напруження арматури, що передається (2.9):

$$\begin{aligned}\sigma_{sp} &= 0,75 \times f_{yk} = 0,75 \times 785 = 588,75 \text{ МПа} \approx 590 \text{ МПа}, \\ 0,3 \times f_{yk} &= 0,3 \times 785 = 236 \text{ МПа} < \sigma_{sp} \\ \sigma_{sp} &= 590 \text{ МПа} < f_{yk} - p = 785 - 87 = 698 \text{ МПа}\end{aligned}\quad (2.9)$$

, де: $p = 30 + 360/l_0 = 30 + 360/6,3 \approx 87,0$ МПа,

l_0 – відстань між зовнішніми гранями упорів.

Для забезпечення оптимальної міцності конструкції призначаємо значення захисного шару арматури $sp = 2,5$ см. Відповідно, робоча висота перетину плити становить (2.10):

$$h_0 = h - s_p = 22 - 2,5 = 19,5 \text{ см} \quad (2.10)$$

Ця величина визначає висоту активної частини перетину, яка безпосередньо бере участь у спротиві згинальним навантаженням.

Для обчислення характеристик стислої зони бетону використовуємо параметр ω , який залежить від міцності бетону (2.11):

$$\omega = \alpha_1 - 0,008f_b = 0,85 - 0,008 \times 13,05 = 0,746 \quad (2.11)$$

Початкове попереднє напруження арматури, що передається на піддон, є важливим етапом розрахунку міцності конструкції. Визначаємо напруження таким чином (2.12):

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sp} &= 1500 \times (\sigma_{sp} / f_{yd}) - 1200 \text{ МПа} \\ \Delta\sigma_{sp} &= 1500 \times (590 / 680) - 1200 = 101,5 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Значення відображає зміну напруження арматури під дією попереднього натягнення. Далі визначаємо залишкове напруження арматури після зняття частини попереднього навантаження (2.13):

$$\begin{aligned} \sigma_{sr} &= f_{yd} + 400 - \Delta\sigma_{sp}, \text{ МПа} \\ \sigma_{sr} &= 680 + 400 - 590 - 101,5 = 388,5 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Значення показує ефективність роботи арматури після її часткового розвантаження. Для подальшого аналізу розраховуємо коефіцієнт використання стислої зони бетону ξ_r і коефіцієнт впливу цієї зони на перетин (2.14):

$$\xi_r = 0,597$$

$$A_r = \xi_r - (1 - 0,5 \times \xi_r) = 0,597 - (1 - 0,5 \times 0,597) = 0,419 \quad (2.14)$$

Цей коефіцієнт дозволяє оцінити розподіл навантаження по перетину плити. Розрахунок моменту і нейтральної осі. Далі визначаємо момент, який сприймається перетином полиці плити (2.15):

$$M_p = f_{cd} \times b^n \times h^n \times (h_0 - 0,5 \times h^n), \text{кН}\cdot\text{м}$$

$$M_p = 13,05 \times 1,46 \times 0,03 \times (0,195 - 0,5 \times 0,03) \times 1000 = 102,9 \text{кН}\cdot\text{м} \quad (2.15)$$

Таким чином, міцність плити достатня.

Оскільки $M_p = 103 \text{кН}\cdot\text{м} > M = 43 \text{кН}\cdot\text{м}$, нейтральна вісь знаходиться в межах полиці, а перетин розраховується як прямокутний шириною

$$b = b^n = 1460 \text{ мм}$$

Для подальших розрахунків визначаємо табличний коефіцієнт (2.16):

$$A_0 = M / (b^n \times h_0 \times f_{cd}) = 0,06 < A_r = 0,419 \quad (2.16)$$

Відповідно, за таблицею знаходяться значення $\xi = 0,06$ і $\eta = 0,97$.

Для арматури підвищеної міцності класу А800С розраховуємо коефіцієнт γ_d за формулою (2.17):

$$\gamma_d = \eta - (\eta - 1) (2(\xi / \xi_r) - 1) \leq \eta = 1,15 \quad (2.17)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$\gamma_d = 1,15 - (1,15 - 1) (2 \times 0,06 / 0,597 - 1) = 1,19 > \eta = 1,15$$

Оскільки отримане значення перевищує η , приймаємо $\gamma_y d_6 = \eta = 1,15$.

Розрахунок площі перетину арматури. Необхідна площа перетину подовжньої арматури розраховується за формулою (2.18):

$$A_{sp} = M / (\eta \times \gamma_y d_6 \times h_0 \times f_k) = 0,00029 \text{ м}^2 = 2,94 \text{ см}^2 \quad (2.18)$$

Для забезпечення необхідної міцності приймаємо арматуру: 4Ø10 А800С з фактичною площею перетину $A_{sp, \text{факт}} = 3,14 \text{ см}^2 > A_s = 3,11 \text{ см}^2$, що задовольняє вимоги.

2.1.5 Розрахунок по міцності перетинів похилих до подовжньої осі

На приопорних ділянках панелі, кожна з яких має довжину a , встановлюємо по 4 каркаси ($n = 4$) із поперечними стрижнями діаметром 4 мм. Відстань між стрижнями приймається рівною $S = 10$ см, що забезпечує рівномірне розподілення навантаження та покращує стійкість панелі в цих зонах. Тоді співвідношення (2.19):

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{170000}{27000} = 6,30 \quad (2.19)$$

Коефіцієнт армування визначається за формулою (2.20):

$$\mu_\omega = \frac{A_{s\omega}}{b \cdot S} = \frac{4 \cdot 0,126}{18,8 \cdot 10} = 0,0027 \quad (2.20)$$

Знаходимо коефіцієнт, який враховує вплив поперечного армування на міцність стислої зони бетону, а також вплив головної стискуючої напруги на міцність бетону (2.21):

$$\begin{aligned}\varphi_{\omega l} &= 1 + 5\alpha \cdot \mu_{\omega} = 1 + 5 \cdot 6,30 \cdot 0,0027 = 1,085 \\ \varphi_{\epsilon l} &= 1 + \beta \cdot F_{\epsilon} = 1 - 0,01 \cdot 13,05 = 0,87\end{aligned}\quad (2.21)$$

Далі перевіряємо головну умову міцності, яка забезпечує стійкість бетону під дією стискуючих напружень і обмежує ширину розкриття похилих тріщин (2.22):

$$\begin{aligned}Q &\leq 0,3 \cdot \varphi_{\omega l} \cdot \varphi_{\epsilon l} \cdot F_{\epsilon} \cdot b \cdot h_0, \text{ кН} \\ Q &= 27,0 \text{ кН} < 0,3 \cdot 1,085 \cdot 0,87 \cdot 13,05 \cdot 0,188 \cdot 0,195 \cdot 1000 = 135,5 \text{ кН}\end{aligned}\quad (2.22)$$

Оскільки ця умова виконується, обрані геометричні параметри перетину є достатніми для забезпечення міцності. Конструкція може успішно протидіяти навантаженням без необхідності внесення змін у розміри перетину.

Також проводимо перевірку на виникнення тріщин, які можуть утворитися внаслідок роботи панелі під навантаженням (2.23):

$$\begin{aligned}Q &\leq \varphi_{\epsilon 3} \cdot F_{\epsilon t} \cdot b \cdot h_0 (1 + \varphi_f + \varphi_n), \text{ де} \\ \varphi_n &= 0,1 \cdot \frac{P_2}{f_{cdt} \cdot b \cdot h_0} = 0,1 \frac{153,9 \cdot 10^{-3}}{0,945 \cdot 0,188 \cdot 0,195} = 0,444 < 0,5.\end{aligned}\quad (2.23)$$

За умовою φ_n приймаємо значення менше 0,5.

Підставляючи значення в розрахунок (2.24):

$$Q = 27,0 \text{ кН} < 0,6 \cdot 0,945 \cdot 0,188 \cdot 0,195 (1 + 0,444) \cdot 1000 = 30,0 \text{ кН}\quad (2.24)$$

Оскільки ця умова також виконується, додатковий розрахунок поперечної арматури не потрібний, що свідчить про оптимальний вибір армування і його ефективність у межах конструкції.

2.1.6 Розрахунок на появу тріщин, нормальних до поздовжньої осі

До даного елементу висуваються вимоги тріщиностійкості 3-ої категорії, що означає необхідність контролю за утворенням тріщин та обмеження їх розкриття. Для визначення моменту утворення тріщин розраховуємо максимальне напруження в стислomu зоні бетону (2.25):

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{M_n}{I_{red}} y + \frac{P_2}{A_{red}} - \frac{P_2 \cdot e_{op}}{I_{red}} y \\ \sigma_c &= \frac{30,12 \cdot 10^{-3}}{0,0011} (0,22 - 0,1103) + \frac{153,9 \cdot 10^{-3}}{0,188} - \\ &\quad - \frac{153,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0853}{0,0011} (0,22 - 0,1103) = 3,44 \text{ МПа}\end{aligned}\quad (2.25)$$

Для врахування впливу непружних деформацій бетону стислої зони розраховується коефіцієнт (2.26):

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} = 1,6 - \frac{3,44}{18,5} = 1,41 > 1 \quad \text{приймаємо} \quad \varphi = 1 \quad (2.26)$$

Далі визначаємо відстань від центру тяжкості приведенного перетину до ядерної крапки, яка є найбільш віддаленою від розтягнутої зони, що визначає тріщиностійкість елемент (2.27):

$$r = \varphi \frac{W_{red}}{A_{red}} = \frac{9901,1}{1822,5} = 5,43 \text{ см} \quad (2.27)$$

Момент тріщиноутворення розраховується на основі отриманих даних (2.28):

$$\begin{aligned}
 M_{crc} &= f_{cdk} \cdot W_{pl} + \gamma_{sp} \cdot P_2(e_{op} + r) = 1,6 \cdot 14851,7 \cdot 100 + \\
 &+ 0,89 \cdot 1538,6 \cdot (8,53 + 5,43) = 23953881 (H \cdot cm) = 239,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.28) \\
 M_{crc} &= 239,5 \text{ кН} \cdot \text{м} > 36,61 \text{ кН} \cdot \text{м}
 \end{aligned}$$

Порівняння розрахункового моменту з фактичним показує, що тріщини у перетині, нормальному до подовжньої осі елемента, не утворюються. Таким чином, додаткові розрахунки для контролю розкриття тріщин не потрібні, оскільки конструкція забезпечує необхідну тріщиностійкість.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Загальні відомості щодо технології будівництва

Будівництво малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу роботи здійснюється на території в Харківській області. Місцевість має рівний рельєф, що значно спрощує проведення підготовчих робіт. Основні ґрунти на місці будівництва — суглинки, що сприяє стабільній основі для фундаментів, а також відсутні ґрунтові води, що знижує ризики підтоплення.

Територія будівництва добре пов'язана з базами постачання будівельних матеріалів через розвинену мережу місцевих доріг. Постачання будівельних матеріалів здійснюється без перешкод завдяки наявності електромереж та водопостачання, які забезпечують безперебійне постачання на об'єкт. Перед початком будівництва була проведена підготовка будівельного майданчика, яка включала в себе планування території та очищення від рослинності, зокрема викорчовування дерев і чагарників, частина яких була пересаджена на нові ділянки.

Місця для зберігання будівельних матеріалів і конструкцій розташовані безпосередньо на території будівництва. Майданчик має надійний зв'язок із міськими дорогами, що дозволяє безперервно постачати матеріали в режимі двозмінної роботи. Відстань до найближчих складів будівельних матеріалів становить не більше 15 км, що дозволяє підтримувати ритмічний хід будівельних робіт без значних затримок.

Будівельні роботи здійснюються на спеціально підготовленій та огороженій ділянці, де встановлено знаки техніки безпеки, щоб забезпечити безпеку працівників. Проєктом передбачено будівлю гуртожитку малоповерхової конструкції, яка матиме загальні розміри 14 x 42 м та висоту поверхів 3,6 м і 3,3 м. Будівля проєктована як безкаркасна з поздовжніми несучими стінами, що забезпечує її стійкість та міцність.

Всі необхідні комунікації, такі як водопостачання та електропостачання, підведені до об'єкта будівництва через постійні мережі,

що діють на місцевості. Процес будівництва ведеться підрядним способом, де генеральний підрядник несе відповідальність перед замовником не лише за обсяги виконаних робіт, але й за якість робіт субпідрядників, що виконують спеціалізовані види робіт.

Монтаж збірних залізобетонних елементів необхідно виконувати відповідно до архітектурно-конструктивного проєкту будівлі, із дотриманням вимог ДБН А.3.1-5:2016. Це забезпечує точність і безпеку при проведенні монтажних робіт.

Монтаж фундаментних плит слід починати з установки маякових плит, які визначають точні межі для подальших монтажних операцій. Контроль за встановленням маякових плит здійснюється по двох взаємно перпендикулярних напрямках, що гарантує правильну орієнтацію елементів. Рядові плити монтують, орієнтуючись на контрольні причалування та монтажний зазор між вже встановленими плитами та тими, що монтуються.

Після завершення встановлення фундаментних плит виконується часткове засипання пазух фундаментів ґрунтом із ретельним трамбуванням. Це забезпечує стійкість основи будівлі та запобігає осіданню.

3.2 Розробка технологічної карти на монтаж плит покриття та перекриття

Технологічна карта призначена для організації процесу будівництва трьохповерхової будівлі з подовжніми несучими стінами, виконаної з цегляної кладки. Будівля має розміри 14,4 x 42,27 м в плані, а висота поверхів становить 3,6 м і 3,3 м.

До комплексу робіт, передбачених цією технологічною картою, належать такі етапи:

- мурування стін з цегли з одночасним монтажем перемичок;
- встановлення залізобетонних сходових маршів і майданчиків, а також монтаж плит перекриття і покриття будівлі.

Загальні положення.

Цегляна кладка виконується на основі робочих креслень із суворим дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві». Вимоги щодо якості цегли повинні відповідати державним стандартам, а розчин для мурування має відповідати нормативам, викладеним у «Вказівках по приготуванню і застосуванню будівельних розчинів».

Перед початком робіт зі зведення надземної частини будівлі повинні бути виконані наступні підготовчі заходи:

- підготовка інвентарю та обладнання, необхідного для мурування, з його розміщенням у зоні виконання робіт;

- підготовка місць для складування цегли та збірних конструкцій на одному рівні;

- облаштування ємностей для приймання розчину, таких як металеві ящики місткістю 0,2 м³, встановлені на дощаті настили;

- перевірка відміток основи перед початком кладки.

Послідовність виконання робіт при муруванні.

Процес кладки включає:

- подачу і рівномірне розстилання розчину для створення основи (ліжка);

- укладання цегли на розчин із заповненням вертикальних швів методом «вприсик»;

- перевірку правильності кладки за допомогою будівельних інструментів.

Кладка цегли способом «вприсик» виконується для зведення стін з пустошовкою на пластичному розчині. Канали в кладці формуються з використанням обпаленої повнотілої цегли. Для запобігання потраплянню розчину в ці канали застосовуються спеціальні інвентарні буйки (коробки) висотою 50–60 см, які виготовляють з дощок або металу, відповідно до розмірів каналів.

Після завершення кладки кожного поверху обов'язково проводиться перевірка горизонтальності поверхні за допомогою нівеліра. Відхилення у відмітках по висоті поверху, що допускаються, коригуються в рівнях міжповерхових перекриттів.

Встановлення плит перекриття здійснюється бригадою монтажників у складі 5 осіб із використанням самоходного стрілового крану. Плити зберігаються у штабелях висотою не більше 2400 мм (до 6 плит у штабелі), де перша плита укладається на підкладки з бруса 70 x 70 мм, а наступні — на бруски 50 x 50 мм.

Під час монтажу плит необхідно слідкувати за тим, щоб плити надійно спиралися на несучі конструкції, і площа опирання відповідала вимогам проєкту. Після встановлення кожної плити необхідно забезпечити зазор між плитами, і наступну плиту можна встановлювати лише після приварювання попередньої до закладних деталей.

Монтаж сходових маршів і майданчиків виконується аналогічно монтажу плит перекриттів, але з тією різницею, що їх піднімають під нахилом, який перевищує проєктний кут. Це необхідно для того, щоб спочатку обперти нижній кінець маршу на сходовий майданчик, а потім опустити верхній кінець на опору. Перед укладанням сходового маршу за допомогою шаблону перевіряється правильність встановлення майданчиків. Сходові марші стропують за допомогою чотиригілкового стропа.

3.3 Вибір монтажного крану

Вибір монтажного механізму проводиться у два етапи. Перший етап полягає у виборі типу механізму, що підходить для виконання монтажних робіт. З огляду на конструктивні особливості будівлі, як монтажний механізм обираємо самоходний стріловий кран.

На другому етапі здійснюється підбір конкретної моделі крана на основі таких основних параметрів, як вантажопідйомність, висота підйому

гака і виліт стріли. Для того щоб обраний кран відповідав вимогам проєкту, його параметри повинні задовольняти умові (3.1):

$$Q_{\text{нотр}} \leq Q_{\text{кр}}; \quad H_{\Gamma}^{\text{нотр}} \leq H_{\Gamma}^{\text{кр}}; \quad L_{\text{нотр}} \leq L_{\text{кр}} \quad (3.1)$$

Вантажопідйомність крану розраховується за формулою (3.2):

$$Q_{\text{нотр}} = P_e + P_{\text{стр}}, \text{ т} \quad (3.2)$$

, де: P_e – маса елемента, що монтують, т;

$P_{\text{стр}}$ – маса стропування елемента, т.

Висота підйому гака розраховується за формулою (3.3):

$$H_{\Gamma} = h_o + h_z + h_e + h_{\text{стр}}, \text{ м} \quad (3.3)$$

де h_o - перевищення опорної точки монтуємого елемента над рівнем стоянки крану;

h_z - висота запасу, що забезпечує безпечні умови монтажу (приймається не менше ніж 0,5м);

h_e - висота монтуємого елемента;

$h_{\text{стр}}$ - висота стропуючого елемента.

Виліт стріли розраховується за формулою (3.4):

$$H_{\Gamma} = h_o + h_z + h_e + h_{\text{стр}}, \text{ м} \quad (3.4)$$

, де: a - відстань від центру ваги монтуємого елементу до найближче розташованої до крану частини будівлі;

b - відстань від найближче розташованої до крану будівлі до колії крану (приймається рівною 2,5м);

c - ширина колії крану (приймається рівною 4,5м).

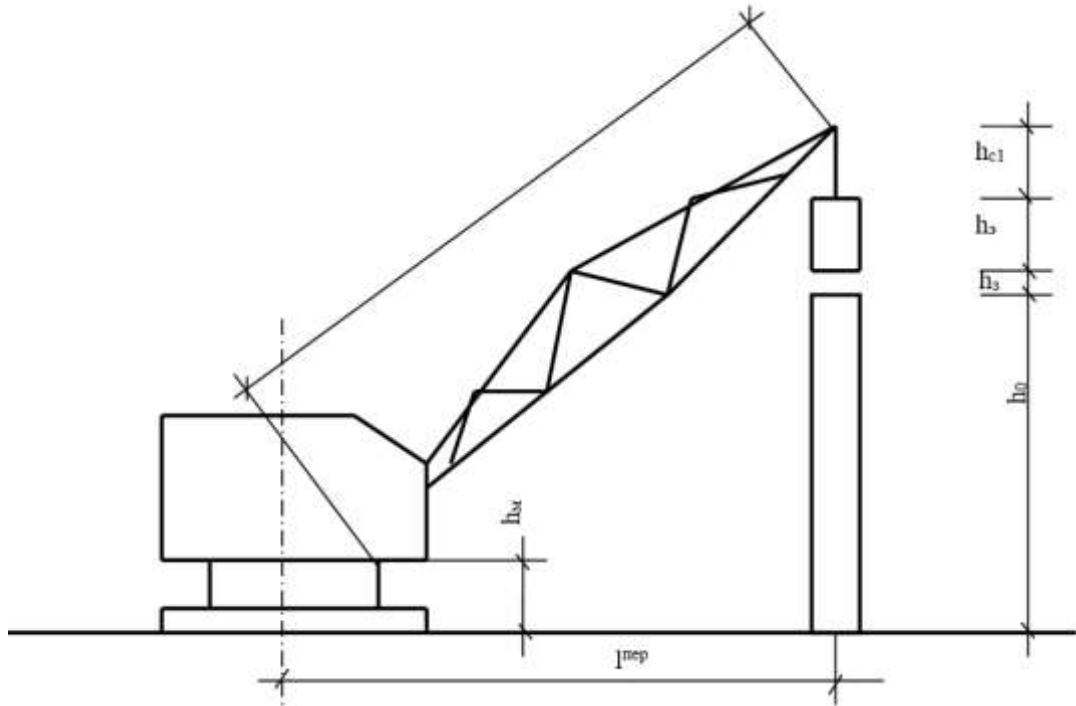


Рисунок 3.1 – Графічна схема вибору крану

Таким чином, виконуємо розрахунок:

$$Q = 1,58 + 0,205 = 1,789 \text{ т}$$

$$H_{\text{гак}} = 10,51 + 0,5 + 0,3 + 3 = 14,31 \text{ м}$$

$$L = 6,6 + 3,0 + 2,5 + 4,5/2 = 14,35 \text{ м}$$

Для виконання будівельних робіт обираємо кран СКГ-30. Потреба в машинах, устаткуванні та пристосуваннях наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Потреба в механізмах та устаткуванні

№	Найменування	Кільк.	№	Найменування	Кільк.
1	2	3	4	5	6
1	Установка для прийому і перемішування розчину	1	22	Розшивання для опуклих швів РВ-1	4
2	Роздаточний бункер	1	23	Молоток-кирочка типу МК-4	10
3	Радіостанція або переговорний пристрій	1	24	Молоток-кулачок МКУ	2
4	Шарнірно-панельні підмости ППУ-4	4	25	Розшивання для увігнутих швів РВ-2	4
5	Підмости ППС-3	2	26	Схил 0-600	8
6	Домкрат	1	27	Складаний металевий метр	4
7	Строп 2-гілковий	1	28	Кувалда прямокутна	2
8	Строп 4-гілковий	1	29	Конопатка сталевая К-50	1
9	Захоплення для монтажу сходових маршів	1	30	Лопата штикова	10
10	Порядовка для підйому панелей і перегородок	1	31	Лопата для розчину ЛР-1	1
11	Порядовка	4	32	Сокира А-1	2
12	Тимчасова огорожа сходових маршів	2	33	Лом монтажний ЛМ-20	2
13	Каска вініпластова	10	34	Пила-ножівка	2
14	Пояс монтажний	10	35	Ножиці арматурні ручні	5
15	Вагончик-контейнер	1	36	Правило дюралюмінієве	3
16	Відро	8	37	Рулетка РС-20	5
17	Ящик для розчину ємкістю 0,27м ³	7	38	Рівень будівельний УСІ-300	3
18	Ящик для розчину ємкістю 0,1м ³	2	39	Шнур в корпусі	2
19	Візок для розчину	1	40	Косинець	2
20	Набір інструментів для каменних работ ПС-10Кельма типу КБ-6	10	41	Рейка схил	2
21	Кельма типу КБ-6	10	42	Дріт	200м

3.4 Визначення обсягів будівельно-монтажних робіт

Основною метою складання відомості є забезпечення точного планування та контролю будівельного процесу. Вона допомагає визначити необхідні фінансові витрати, оптимізувати використання матеріальних та людських ресурсів, а також встановити реалістичні терміни виконання робіт. Це сприяє підвищенню ефективності будівельного проекту та мінімізації ризиків перевитрат або затримок.

Відомість складається на основі затвердженої проектно-кошторисної документації, включаючи робочі креслення, технічні умови та нормативні акти. У процесі її формування враховуються всі аспекти будівництва: від підготовчих та земляних робіт до монтажу інженерних систем та оздоблювальних робіт. Для кожного етапу будівництва визначаються конкретні обсяги робіт, що виражаються у відповідних одиницях вимірювання, таких як кубічні метри, квадратні метри або тони.

Важливим аспектом відомості є деталізація матеріалів та обладнання, необхідних для виконання робіт. Це включає інформацію про типи матеріалів, їх кількість, технічні характеристики та вимоги до якості. Такий підхід дозволяє заздалегідь планувати постачання, уникати дефіциту матеріалів на будівельному майданчику та забезпечувати безперервність робочого процесу.

Відомість обсягів будівельно-монтажних робіт слугує основою для складання кошторису та укладання договорів з підрядниками.

Під час реалізації проекту відомість може коригуватися з урахуванням змін у проектних рішеннях або непередбачених обставин. Гнучкість цього документа дозволяє оперативно реагувати на нові виклики та підтримувати ефективність будівельного процесу.

Визначення обсягів БМР наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення обсягів будівельних робіт

Найменування робіт	Од. вим.	Кількість	Формула підрахунку, посилання на специфікацію
1	2	3	4
Розробка ґрунту у відвал екскаваторами одноковшовимі дизельними на гусеничному ході з ковшовмістністю 0,5 [0,5-0,63] м ³ , група ґрунтів 2	1000м ³	0,891	

Розробка ґрунту з вантаженням на втомобіли-самосвали екскаваторами однокорововими і дизельними на гусеничному ході з ковшом вмістністю 0,5 [0,5-0,63] м ³ , група ґрунтів 2	1000м ³	0,1	
Розробка ґрунту вручну в траншеях глибиною до 2 м без кріплень з укосами, група ґрунтів 2	100м ³	0,8	
Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 л.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000м ³	0,891	
Ущільнення ґрунту пневмотрамбовками	100м ³	8,91	
Улаштування основи під фундаменти піщаного	м ³	79,5	
Укладання плит стрічкових фундаментів при глибині котловану до 4 м, маса конструкцій до 1,5 т	100 шт	0,76	
Укладання блоків стрічкових фундаментів при глибині котловану до 4 м, маса конструкцій до 0,5 т	100 шт	1,37	
Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна цементна з рідким склом	100м ²	0,73	
Мурування зовнішніх середньої складності стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м товщиною 0,51м	м ³	672,01	Див.надземну частину
Мурування зовнішніх середньої складності стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м товщиною 0,38м	м ³	117,15	Див.надземну частину
Мурування внутрішніх стін середньої складності стін з цеглини керамічного при висоті этажа до 4 м	м ³	282,37	Див.надземну частину
1	2	3	4
Укладання перемичок масою до 0,3 т	100шт	6,79	Див.надземну частину
Укладання панелей перекриттів та покриттів сторони площею до 10 м ² [для будівництва в районах з сейсмічністю до 6 балів]	100шт	1,54	Див.надземну частину
Мурування перегородок з цеглини керамічного товщиною 0,12м	100м ²	2,97	Див.надземну частину
Установка в цегляних і блочних будівлях козирків площею до 5м ²	100шт	0,04	Див.надземну частину
Установлення великопанельних гіпсобетонних перегородок	100шт	0,77	Див.надземну частину

Установка сходових майданчиків масою до 1 т	100шт	0,08	Див.надземну частину
Установка сходових маршів без зварювання масою більше 1 т	100шт	0,08	Див.надземну частину
Установка металевих огорож поручнями з полівінілхлориду	100м	0,31	Див.надземну частину
Ущільнення ґрунту щебенем	100м2	7,95	Див. експікацію підлог
Пристрій підстиляючих бетонних шарів	м3	95,4	Див. експікацію підлог
Улаштування мозаїчного покриття товщиною 30мм	100м2	1,38	Див. експікацію підлог
Улаштування дощатого покриття товщиною 20мм	100м2	0,38	Див. експікацію підлог
Пристрій гідроізоляції обклеювальної ізолом на мастиці бітуміноль, перший шар	100м2	2,7	Див. експікацію підлог
Улаштування стяжок цементних	100м2	11,32	Див. експікацію підлог
Улаштування покриттів з лінолеуму полівінілхлоридного на тканинній підоснові	100м2	7,89	Див. експікацію підлог
Улаштування покриттів на цементному розчині з плиток керамічних	100м2	3,43	Див. експікацію підлог
Улаштування пароізоляції оклеєчної в один шар	100м2	6,98	
Утеплення покриттів плитами з мінеральної вати або перлиту на бітумній мастиці в один шар	100м2	6,98	
Улаштування вирівнюючих стягувань	100м2	6,98	
Улаштування покрівель плоских з двох шарів акваізолу із захисним шаром гравію	100м2	6,98	
Заповнення віконних отворів блоками з метало пластику площею до 2 м2	100м2	1,58	Див. експл. заповнення прорізів
1	2	3	4
Заповнення віконних отворів блоками з метало пластику площею більше 2 м2	100м2	0,09	Див. експлікацію заповнення прорізів
Заповнення балконних прорізів у кам'яних стінах	100м2	0,03	Див. експлікацію заповнення прорізів

Установлення дверних блоків у зовнішніх і внутрішніх прорізах кам'яних стін	100м2	1,89	Див. експлікацію заповнення прорізів
Поліпшене штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю і бетону стін	100м2	37,06	Див. відомість внутр. оздоблення
Підготовлення поверхонь зі збірних елементів і плит під фарбування або обклеювання шпалерами, стелі зі збірних плит	100м2	15,98	Див. відомість внутр. оздоблення
Фарбування водними розчинами всередині приміщень стін	100м2	8,59	Див. відомість внутр. оздоблення
Фарбування водними розчинами всередині приміщень стелі	100м2	9,29	Див. відомість внутр. оздоблення
Фарбування вапняними розчинами всередині приміщень стелі	100м2	2,17	Див. відомість внутр. оздоблення
Влаштування підвісної стелі	100м2	1,62	Див. відомість внутр. оздоблення
Гладке облицювання стін, плитками керамічними глазурованими	100м2	9,20	Див. відомість внутр. оздоблення
Олійне фарбування білілами з додаванням кольору ґрат, рам, труб	100м2	5,91	Див. відомість внутр. оздоблення
Теплоізоляція виробами з волокнистих і зернистих матеріалів стін	м3	162,6	
Силікатне фарбування фасадів із колісок з підготовленням поверхні	100м2	16,26	Див. відомість внутр. оздоблення
Обклеювання стін тисненими і цупкими шпалерами по монолітній штукатурці і бетону	100м2	22,17	Див. відомість внутр. оздоблення
Монтаж сходів прямолінійних і криволінійних, пожежних з огорожею	т	0,3	
Пристрій підстав під тротуари з цегляного щебеня завтовшки 12 см	100м2	1,18	

Пристрій покриття з холодних асфальтобетонних сумішей завтовшки 3 см типу БХ	1000м2	0,118	
Санітарно-технічні роботи	%	6,0	
Електромонтажні роботи	%	6,0	
Впорядкування території і озеленення	%	5,0	
Інші роботи	%	10,0	

3.5 Календарне планування будівництва

Календарне планування будівельного виробництва передбачає розробку детальних графіків виконання будівельно-монтажних робіт з урахуванням їх обсягів, послідовності та тривалості. Метою календарного планування є забезпечення ефективної організації будівельного процесу, оптимізація використання ресурсів та досягнення проектних цілей у встановлені терміни.

Календарне планування дозволяє:

- Визначити реальні терміни виконання робіт на основі точних обсягів та доступних ресурсів.
- Скоординувати дії всіх учасників будівництва, включаючи підрядників, постачальників та інженерно-технічний персонал.
- Оптимізувати використання трудових, матеріальних та технічних ресурсів, запобігаючи їх простою або надмірному завантаженню.
- Контролювати хід будівництва, своєчасно виявляти та усувати відхилення від плану.

Зв'язок з визначенням обсягів робіт

Календарне планування тісно пов'язане з відомістю обсягів будівельно-монтажних робіт. Відомість обсягів містить детальну інформацію про всі роботи, що необхідно виконати, та їх кількісні показники. На основі цих даних розраховуються:

- Тривалість кожного виду робіт з урахуванням нормативів виробітку та продуктивності.

- Необхідні ресурси, включаючи кількість робітників, матеріалів та обладнання.
- Послідовність та взаємозв'язок робіт, що впливає на загальний графік будівництва.

Без точного визначення обсягів робіт неможливо скласти реалістичний та ефективний календарний план.

Нормативні документи

Календарне планування будівельного виробництва здійснюється відповідно до ряду нормативних документів, які регламентують процеси планування, організації та контролю будівництва. Основні з них:

- Державні будівельні норми України (ДБН):
 - ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва" – встановлює вимоги до організації будівельного процесу, включаючи календарне планування.
 - ДБН В.1.2-14:2009 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів" – містить положення щодо управління ризиками та забезпечення безпеки.
- Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності" – встановлює правові засади планування та забудови територій.
- Методичні рекомендації Міністерства розвитку громад та територій України – надають вказівки щодо практичного застосування нормативів у сфері будівництва.

Етапи календарного планування

1. Аналіз проектної документації: Вивчення робочих креслень, специфікацій та відомостей обсягів робіт для визначення повного переліку завдань.
2. Визначення обсягів та трудомісткості робіт: Розрахунок кількісних показників на основі відомості обсягів та нормативів.

3. Розробка технологічної послідовності: Встановлення порядку виконання робіт з урахуванням технологічних та організаційних взаємозв'язків.

4. Розрахунок тривалості робіт: Визначення строків виконання кожного завдання на основі обсягів робіт та продуктивності.

5. Складання календарного графіка: Відображення всіх робіт у часовому вимірі з позначенням їх взаємозалежності.

6. Оптимізація графіка: Коригування плану для усунення конфліктів, вирівнювання завантаження ресурсів та забезпечення ефективності.

Види календарних планів

- Зведений календарний план: Відображає загальні терміни реалізації проекту та основні етапи будівництва.
- Детальний календарний графік: Містить розгорнуту інформацію про всі види робіт, їх тривалість та ресурси.
- Сітьовий графік: Використовує методи сітьового планування для аналізу критичних шляхів та оптимізації термінів.

Сучасні методи та технології

Застосування інформаційних технологій значно підвищує ефективність календарного планування. Використовуються спеціалізовані програми, такі як:

- Microsoft Project
- Primavera P6
- Asta Powerproject

Ці програми дозволяють автоматизувати процес планування, моделювати різні сценарії, здійснювати моніторинг та контроль виконання робіт.

Роль календарного планування у будівництві

Календарне планування відіграє критичну роль у забезпеченні успішного виконання будівельного проекту. Воно дозволяє:

- Уникнути простоїв та затримок, завчасно виявляючи потенційні проблеми.
- Забезпечити своєчасне фінансування та постачання матеріалів, координуючи ці процеси з графіком робіт.
- Підвищити якість управління проектом, надаючи керівникам інструменти для прийняття обґрунтованих рішень.
- Забезпечити прозорість та підзвітність, що є важливим для замовників та інвесторів.

Календарний план-графік наведений у графічній частині проекту.

3.6 Розрахунок будівельного генплану

Будівельний генплан розробляється під час зведення надземної частини будівлі і має на меті оптимізацію використання території будівельного майданчика. На майданчику передбачено розміщення тимчасових будівель адміністративно-побутового призначення, які забезпечують умови для роботи персоналу, а також тимчасова мережа водопостачання для потреб будівництва. Додатково планується установка трансформаторної підстанції необхідної потужності, яка забезпечить об'єкт електроенергією.

Для забезпечення безпеки та належного освітлення території, проектом передбачена розрахована кількість прожекторів, які забезпечуватимуть охоронне освітлення. Генплан включає рішення щодо раціонального використання площі будівельного майданчика, оптимальне розташування виробничих установок і складських приміщень. Адміністративно-побутові споруди та об'єкти логістики, такі як складські приміщення та виробничі установки, розташовуються таким чином, щоб забезпечити максимальну зручність для виконання робіт та переміщення матеріалів.

В будгенплані чітко визначено місця для прокладки тимчасових доріг, які полегшують пересування техніки по майданчику. Проект також включає розташування мереж водопостачання, каналізації, енергопостачання та інших

інженерних комунікацій, які є необхідними для безперебійного проведення будівельних робіт.

Будівельний генплан наведено в графічній частині проєкту.

3.6.1 Визначення потреби в тимчасових будівлях і спорудах

Для забезпечення сприятливих умов праці та ефективного виконання будівельних робіт на майданчику передбачено встановлення комплексу тимчасових інвентарних будівель адміністративного, складського та побутового призначення. Площі цих приміщень визначаються з розрахунку на організацію роботи в дві зміни, враховуючи кількість робітників у найбільш завантаженому зміні — 33 особи. Кількість працівників визначається за формулою (3.5):

$$N_{\text{общ}} = (N_{\text{роб}} + N_{\text{итр}} + N_{\text{служ}} + N_{\text{моп}}) \cdot 1.05, \text{ чол} \quad (3.5)$$

, де: $N_{\text{роб}}$ — к-сть працівників в саму інтенсивну зміну, чол;

$N_{\text{итр}}$ — кількість інженерно-технічних працівників, чол;

$N_{\text{служ}}$ — кількість службовців, чол;

$N_{\text{моп}}$ — молодший обслуговуючий персонал, чол.

Співвідношення працівників наведено в табл. 3.3:

Таблиця 3.3 – Співвідношення працівників:

Вид будівництва	Робочі	ІТР	Службовці	МОП і охорона
Житлово-цивільне	85 %	8 %	5 %	2 %

Оскільки $N_{\text{роб}} = 33$ чол, то наступна кількість:

- робочі -85 % $N_{\text{работ}} = 33 \cdot 100 / 85 = 52$ чол.

- ІТР -11 % $N_{\text{итр}} = 33 \cdot 8 / 85 = 5$ чол.

- службовці – 3,6 % $N_{\text{служ}} = 33 \cdot 5/85 = 3 \text{ чол.}$
- МОП -1,5 % $N_{\text{МОП}} = 33 \cdot 2/85 = 1 \text{ чол.}$

Для будівельного майданчика житлово-цивільного типу співвідношення категорій працюючих складає: 85% робочих, 8% ІТР, 5% службовців і 2% МОП та охорони. Виходячи з цього співвідношення та максимальної кількості робочих (33 особи), загальна кількість працівників, що працюватимуть на майданчику, складає 64 особи.

Тоді загалом:

$$N_{\text{общ.}} = (52+5+3+1) \cdot 1,05 = 64 \text{ чол.}$$

Площа тимчасових споруд визначається на основі максимальної чисельності людей, які працюватимуть на будівельному майданчику, та нормативних вимог до площі на одну людину. Для цього використовується формула, яка враховує кількість робочих, інженерно-технічних працівників (ІТР), службовців та молодшого обслуговуючого персоналу (МОП).

Таблиця 3.4 – Визначення площі тимчасових будівель та споруд

№	Тимчасові будівлі	Кількість працюючих	Кількість користувачів	Площа, м ²		Прийняті будівлі		
				норм.	загаль.	розміри	тип	кіль.
1	Виконроб	9	50	4	18	6,0*3,0*2,8	пересувне	1
2	Приміщення диспетчера	64	50	0,9	24	9,0*3,0*2,8	пересувне	1
3	Вбиральня з умивальником	52	100	0,9	46,8	9,0*3,0*2,7	контейнерне.	1
4	Душова	52	100	0,82	42,64	9,0*3,0*2,7	контейнерне.	1
5	Приміщення для прийому їжі	64	70	0,25	4,8	6,0*3,0*2,8	пересувне	1
6	Приміщення для сушки одягу і обігріву робочих	52	100	0,2	10,4			
7	Туалет	64	100	0,14	8,96	2,5*3,5*2,0	контейнерне	2

Площа приміщень визначається згідно з нормами проєктування санітарно-побутових приміщень. Наприклад, для приміщення виконроба передбачено площу 18 м², для вбиральні з умивальником — 46,8 м², а для душової — 42,64 м². Передбачені приміщення для прийому їжі, сушки одягу, туалетні кімнати, а також кімнати для обігріву робітників (табл. 3.4):

Для організації побуту та роботи на майданчику потрібно встановити:

- 2 будівельні вагончики розміром 3х6 м;
- 5 будівельних вагончиків розміром 3х9 м;
- 2 туалети розміром 2,5х3,5 м;
- 1 прохідну розміром 3х2 м.

Визначені тимчасові споруди забезпечать необхідні умови для роботи персоналу на будівельному майданчику, а також створять сприятливі умови для виконання робіт у двозмінному режимі.

3.6.2 Визначення площі складських площадок

На будівельному майданчику передбачено різні види складів і майданчиків для зберігання будівельних матеріалів, що забезпечують їх надійне збереження та безперебійне постачання на об'єкт. Відкриті майданчики призначені для зберігання таких матеріалів, як цегла, залізобетонні конструкції та інші будівельні вироби, які не піддаються негативному впливу змін температури і вологості.

Для матеріалів, які більш чутливі до впливу зовнішніх факторів, таких як столярні вироби, рулонні матеріали та азбестоцементні листи, на майданчику передбачені спеціальні навіси, що забезпечують захист від атмосферних опадів. Такі навіси гарантують збереження властивостей матеріалів та подовжують термін їх використання.

Закриті неопалювальні склади призначені для зберігання більш делікатних матеріалів, таких як хімічні продукти, лінолеум, скло, електротехнічні вироби та інші матеріали, що потребують особливих умов

зберігання. Це дозволяє запобігти пошкодженню матеріалів через перепади температур або вологість.

Загальна площа складу розраховується за формулою (3.6):

$$S = \frac{P}{V * k}, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

, де: P — максимальний запас матеріалів, що планується зберігати;

V — кількість матеріалів, які можна укласти на 1 м^2 площі складу;

k — коефіцієнт використання складської площі (приймається рівним 0,5), який враховує необхідність проходів, проїздів та інших логістичних елементів.

Необхідний запас будівельних матеріалів розраховується, виходячи з 3–10-добової потреби, що дозволяє забезпечити безперервний хід робіт та своєчасну доставку матеріалів на майданчик.

3.6.3 Водопостачання будівельного майданчику

Потреба у воді на будівельному майданчику розраховується з урахуванням витрат на виробничі потреби ($Q_{\text{вир}}$), господарсько-побутові витрати ($Q_{\text{госп}} + Q_{\text{душ}}$) та можливі протипожежні витрати ($Q_{\text{пож}}$). Постачання води забезпечується через діючу систему водопостачання, що підключена до місцевих мереж.

Загальна потреба у воді визначається за такою формулою (3.7):

$$Q_{\text{заг}} = 0,5 \times (Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{душ}}) + Q_{\text{пож}}, \text{ л/с} \quad (3.7)$$

Для виробничих потреб секундна витрата води визначається як (3.8):

$$q_s = q_{sut} / 86400, \text{ л/с} \quad (3.8)$$

, де: q_{sut} - це максимальна добова витрата кожного споживача води.

Приклади витрат води для різних процесів на майданчику:

- Зволоження при ущільненні — 1310 л,
- Поливання ущільненого щебеню — 270 л,
- Робота екскаватора — 110 л,
- Заправка екскаватора — 120 л,
- Штукатурні роботи — 782 л,
- Малярні роботи — 3658 л,
- Поливання бетону — 4140 л.

Для господарсько-побутових потреб секундна витрата води розраховується за формулою (3.9):

$$q_{госп} = N \times q \times k / (n \times 3600), \text{ л/с} \quad (3.9)$$

, де: $N = 64$ чол. — максимальна кількість робітників у зміну,

$q = 15$ л — норма витрати води на одного робітника,

$k = 3$ — коефіцієнт нерівномірності споживання,

$n = 8,2$ години — тривалість зміни.

Секундна витрата води для душових установок визначається так (3.10):

$$q_{душ} = N \times q / (n \times 3600), \text{ л/с} \quad (3.10)$$

, де: $N = 52$ чол. — кількість робітників, що приймають душ,

$q = 35$ л — норма витрати води на одного робітника,

$n = 45$ хв — тривалість роботи душу.

Оскільки пожежні гідранти приєднані то постійної водопровідної мережі, то їх в розрахунку не враховуємо.

Загальна потреба у воді:

$$Q_{\text{заг}} = 0,5 \times (Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{душ}}) + Q_{\text{пож}}, \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{заг}} = 0,5 \times (0,76 + 0,09 + 0,01) = 0,43 \text{ л/с}$$

Діаметр труб водопровідної мережі розраховується за формулою (3.11):

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot Q_{\text{общ}}}{\pi \cdot v \cdot 1000}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 0,43}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 1000}} = 0,019 \text{ м.} \quad (3.11)$$

, де: v – прийнята швидкість руху води, 1,5 м/с.

Обираємо діаметр для труб тимчасового водопроводу $d = 32$ мм.

3.6.4 Потреба в електрозабезпеченні будмайданчику

Під час організації будівельного процесу одним з ключових моментів є розрахунок потреби в електроенергії для живлення будівельних машин і механізмів, а також для забезпечення внутрішнього і зовнішнього освітлення території майданчика. Усі ці фактори повинні бути враховані для безперебійної роботи всіх елементів будівництва.

Загальна споживана потужність трансформатора розраховується з урахуванням кількох складових. Це включає потужність, що витрачається на роботу машин і установок, на внутрішнє та зовнішнє освітлення, а також на інші технічні потреби. Формула для загальної потужності виглядає (3.12):

$$P = a \cdot \sum \frac{P \cdot k_1}{\cos \varphi} + \sum \frac{P_m \cdot k_2}{\cos \varphi} + P_{\text{ос}} \cdot k_3 + P_{\text{он}} \cdot k_4, \text{ кВт} \quad (3.12)$$

, де: $a = 1,05$ — коефіцієнт втрати потужності,

P — силова потужність машин або установок, що використовуються на будівельному майданчику,

P_m — потужність, що витрачається на технічні потреби,

P_{ov} — потужність, що необхідна для внутрішнього освітлення,

P_{on} — потужність, що витрачається на зовнішнє освітлення.

Необхідні потужності наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок потужностей для елементів будмайданчику

Об'єкт	Формула	Результат (кВт)
Контора	$0,75 \times 36,0$	27,0
Кімната приймання їжі	$0,75 \times 3 \times 18,0$	40,5
Склад закритий, навіс	$0,1 \times 89$	8,9
Санітарно-побутові	$0,5 \times 152,5$	76,3
Територія будівельного майданчика	$2 \times 6,8$	13,6
Освітлення відкритої місцевості	$25 \times 0,62$	15,5
Освітлення відкритих складів	$2 \times 0,26$	0,52
Головні проходи і проїзди	$3 \times 2,47$	7,41
Другорядні проходи і проїзди	$1 \times 0,952$	0,952
Охоронне освітлення території, що захищається	$0,5 \times 6,8$	3,4

Коефіцієнти попиту, такі як k_1 , k_2 , k_3 і k_4 , враховують кількість споживачів і їхню інтенсивність використання енергії. Важливо правильно розрахувати ці коефіцієнти, щоб забезпечити ефективне використання електроенергії на об'єкті.

Таким чином, проводимо розрахунок за формулою (3.12), враховуючи наведену вище інформацію:

$$\begin{aligned}
 P &= a \cdot \sum \frac{P \cdot k_1}{\cos f} + \sum \frac{P_m \cdot k_2}{\cos f} + P_{ov} \cdot k_3 + P_{on} \cdot k_4 = \\
 &= 1,05 \cdot 39,87 + 92,9 \cdot 0,8 + 170,6 \cdot 1 + 41,38 \cdot 1 = 328,2 \text{ кВт}
 \end{aligned}$$

Для забезпечення належного рівня електропостачання будівельного майданчика використовуємо установку КТП 320.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

4.1 Розробка локального кошторису

Локальний кошторис є первинним кошторисним документом, який складається на окремі види робіт із урахуванням поточного рівня цін на трудові та матеріально-технічні ресурси. Його розробка базується на обсягах робіт, що були визначені в процесі створення робочої документації, та розцінках нормативної бази, яка використовується в будівництві. Такий кошторис є важливим інструментом для визначення вартості робіт на кожному етапі будівництва та контролю за витратами.

Порядок виконання робіт у локальних кошторисах відображається відповідно до технологічної послідовності проведення будівельних робіт. Це забезпечує можливість врахування специфічних особливостей кожного виду будівництва та ремонту. Технологічна послідовність робіт дозволяє оптимізувати використання ресурсів і забезпечити своєчасне виконання завдань.

Локальний кошторис складається з таблиці, що містить рядки та стовпці (графи). У рядках вказується перелік робіт і витрат, які необхідні для виконання конкретних завдань за проєктом. Для кожного виду робіт заповнюються наступні граfi: обґрунтування, найменування робіт і витрат, одиниця виміру, кількість, вартість одиниці, загальна вартість та витрати праці робітників.

Кошторис умовно поділяється на дві частини: ліва половина містить описову частину, в якій наведено шифри та перелік робіт і витрат, одиниці виміру (кілограми, штуки, метри, погонні метри та інші фізичні параметри). У правій частині кошторису вказуються прямі витрати в грошовому вираженні, зокрема на виконання робіт та кількість необхідних одиниць виміру. Кожен рядок правої частини показує загальну вартість робіт.

Загальний підсумок кошторису обчислюється шляхом складання сум усіх рядків, що дозволяє отримати загальну вартість необхідних витрат для реалізації певного етапу будівництва чи ремонту.

Локальні кошториси нумеруються з урахуванням розподілу по главах зведеного кошторисного розрахунку вартості будівництва. Нумерація здійснюється наступним чином:

- Перші дві цифри — номер глави у зведеному кошторисному розрахунку (наприклад, 01, 02, 03,... 12).
- Другі дві цифри — номер рядка у главі.
- Третя або третя і четверта цифри — номер локального кошторису в межах об'єктного кошторису.

У складі кошторису враховуються як прямі, так і загальновиробничі затрати. Прямі затрати включають витрати, пов'язані безпосередньо з виробництвом робіт, будівельних конструкцій та елементів, які визначаються на основі техніко-економічних розрахунків. До складу прямих затрат входять:

- Заробітна плата робітників, зайнятих на об'єкті.
- Витрати на експлуатацію будівельних машин і механізмів.
- Вартість матеріалів, виробів і конструкцій, необхідних для виконання робіт.

Ці витрати є основними складовими загальної вартості будівництва і враховують поточні ціни на ресурси та матеріали. Правильний розрахунок прямих затрат дозволяє забезпечити ефективне використання коштів та мінімізувати ризики перевитрат.

Розрахунок локального кошторису наведено в Додатку А.

.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

5.1 Цивільний захист в будівництві

З 24 жовтня 2022 року набув чинності Закон України № 2486-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення цивільного захисту під час забудови та планування територій». Основна мета цього Закону полягає у посиленні захисних заходів у сфері будівництва для забезпечення безпеки населення у разі надзвичайних ситуацій. Зокрема, йдеться про заходи захисту від вибухів, ударних хвиль, а також від можливих хімічних, радіаційних або біологічних загроз.

Відповідно до визначень, наведених у Кодексі цивільного захисту України, засоби цивільного захисту включають технічне обладнання, інструменти та спеціальні механізми, необхідні для ліквідації наслідків аварій і надзвичайних ситуацій, а також засоби колективного і індивідуального захисту. Це обладнання може використовуватися як для рятувальних робіт, так і для медичної допомоги у разі небезпеки.

Одним із ключових аспектів захисту населення є використання спеціальних захисних споруд, призначених для забезпечення безпеки людей під час надзвичайних ситуацій, зокрема воєнних конфліктів або терактів. Ці споруди можуть бути різних типів і призначень.

Види захисних споруд цивільного захисту

До захисних споруд цивільного захисту відносяться різні інженерні будівлі, які забезпечують захист населення від небезпечних факторів, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій або воєнних дій. Зокрема, це:

- Сховища — герметичні споруди, що повністю захищають від впливу зовнішніх небезпечних факторів. У сховищах створюються умови, що дозволяють уникнути впливу радіації, вибухових хвиль і хімічних речовин.
- Протирадіаційні укриття — негерметичні споруди, що захищають від іонізуючого випромінювання у разі радіаційного забруднення.

Окрім цього, у фонді захисних споруд цивільного захисту також використовуються будівлі подвійного призначення. Це споруди, що можуть виконувати дві функції: забезпечення господарських або громадських потреб у звичайний час та захист населення у разі небезпеки. До таких споруд можуть належати підземні паркінги, склади або інші будівлі, що здатні тимчасово слугувати укриттям для людей у разі надзвичайних ситуацій.

Первинні (мобільні) укриття (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Встановлення мобільного укриття (джерело: Новини Товариства Червоного Хреста України)

Це спеціальні технічні вироби, які можуть швидко монтуватися або перевозитися для забезпечення короткочасного захисту населення. Такі укриття можуть використовуватися для тимчасового перебування людей у місцях масового скупчення, таких як зупинки транспорту, парки, зони відпочинку тощо. Вони здатні захистити від непрямих дій зброї протягом обмеженого часу (до 4 годин).

Нарощування фонду захисних споруд

У разі виникнення надзвичайної ситуації або в особливий період, фонд захисних споруд може бути доповнений за рахунок швидкоспоруджуваних конструкцій, що можуть бути змонтовані за короткий час. Такі споруди мають спеціальні технічні характеристики, які визначаються національними стандартами та будівельними нормами. Також використовуються найпростіші укриття — це підвальні або цокольні приміщення, що можуть бути пристосовані для укриття людей від небезпечних факторів (рис 5.2).

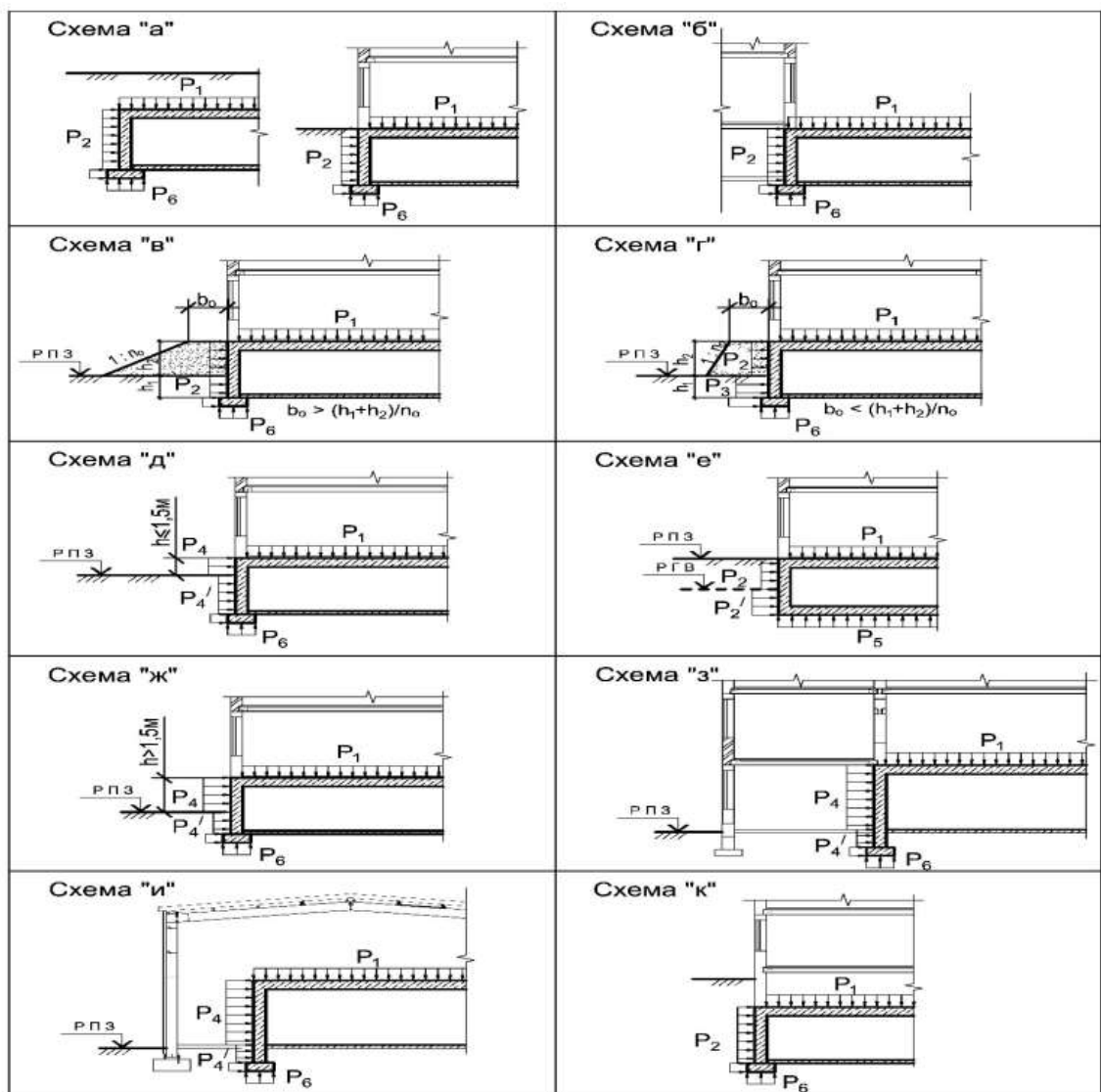


Рисунок 5.2 – Прикладання навантажень на захисні споруди

Захисні споруди цивільного захисту, споруди подвійного призначення та найпростіші укриття утворюють фонд колективного захисту населення.

Потреба у таких спорудах визначається на основі розрахунків, що враховують кількість населення на певній території, а також рівень загрози, що може виникнути у разі надзвичайної ситуації. Відповідні органи визначають необхідність укриття за місцем проживання або роботи людей, а також за місцем їх тимчасового перебування.

У контексті будівництва захисних споруд цивільного захисту, керуючись положеннями "ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту", варто звернути увагу на ключові аспекти, які регулюють проектування і будівництво таких об'єктів. Ці будівельні норми встановлюють вимоги до укриттів і інших захисних споруд, що забезпечують безпеку населення в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема у воєнний час (рис. 5.2).

Однією з важливих вимог ДБН є забезпечення захисних споруд необхідним рівнем міцності та стійкості до дії вибухових хвиль, механічних пошкоджень та інших небезпечних впливів. Для об'єктів, що передбачають розміщення людей, як ваш гуртожиток для вахтового персоналу, важливо інтегрувати ці вимоги у планування підвальних приміщень або інших укриттів. Це можна досягти шляхом використання спеціальних будівельних матеріалів, таких як армований бетон або металева арматура, які здатні витримати високі навантаження та забезпечити тривалу безпеку.

5.1.1 Підвищення рівню безпеки укриття

Покращення безпеки укриттів, особливо в умовах сучасного будівництва, безпосередньо пов'язане з використанням новітніх технологій та дотриманням будівельних норм, що враховують воєнні загрози і надзвичайні ситуації. У вашому проєкті, де йдеться про малоповерхові гуртожитки для працівників вахтового методу, питання безпеки особливо актуальне. Ось кілька напрямків, які можна реалізувати у рамках будівництва таких укриттів.

Перше і найважливіше — це конструктивна міцність. Для укриттів у будівельних об'єктах важливо використовувати високоякісні матеріали,

зокрема армований бетон, здатний витримати значні механічні навантаження, включаючи вибухові хвилі. Окрім того, посилення несучих елементів дозволяє збільшити стійкість споруд до впливу ударних факторів. Це особливо важливо для малоповерхових будівель, де відсутність каркасу може бути компенсована правильним розташуванням несучих стін та використанням сучасних будівельних матеріалів.

Друге, що варто враховувати, — це забезпечення герметичності укриттів. Сучасні будівельні технології дозволяють створювати герметичні простори, які можуть захистити людей від небезпечних хімічних або радіаційних речовин. У вашому випадку можна інтегрувати такі укриття в підвальні приміщення гуртожитку, використовуючи герметичні двері та вентиляційні системи з фільтрацією повітря. Це дозволить ефективно захистити людей навіть у разі хімічного забруднення.

Інженерні рішення мають також враховувати доступність укриттів. Враховуючи те, що вахтовий персонал часто перебуває на об'єкті цілодобово, важливо забезпечити швидкий і зручний доступ до укриттів. Це можна досягти через інтеграцію укриттів у основну інфраструктуру будівлі, наприклад, шляхом проектування підземних або цокольних приміщень із додатковими виходами на поверхню.

Важливим елементом є надійне енергозабезпечення укриттів. Для цього слід передбачити автономні джерела живлення — генератори або акумуляторні батареї, що можуть підтримувати роботу освітлення, вентиляції та зв'язку в разі перебоїв з основними джерелами енергії. Це забезпечить необхідний комфорт і безпеку для людей, що перебувають всередині, навіть протягом тривалого часу.

5.2 Аналіз небезпечних зон на будмайданчику

У процесі організації будівельного майданчика необхідно чітко визначити небезпечні зони, де присутні або можуть з'явитися виробничі

фактори, що становлять загрозу для людей. Ці зони позначаються знаками безпеки, написами та огорожами, що попереджають про можливу небезпеку (рис. 5.3).



Рисунок 5.3 – Попереджувальні знаки в будівництві

Небезпечні зони можуть бути як постійними, так і тимчасовими.

До зон постійної небезпеки належать ті ділянки, де завжди існує ризик, наприклад, біля відкритих струмопровідних частин електроустановок, біля необгороджених місць з перепадом висоти понад 1,3 м, або в місцях, де є рухомі машини та обладнання. Такі зони також можуть бути на ділянках, де перевищуються допустимі рівні шкідливих речовин, або шум перевищує допустимі норми. Особливо небезпечні зони формуються у місцях, над якими переміщують вантажі за допомогою кранів.

Зони потенційної небезпеки можуть виникати поблизу будівель, що зводяться, а також на поверхах або ярусах, де ведуться монтажні роботи. Це особливо актуально під час монтажу конструкцій чи обладнання. Такі зони виникають не постійно, але можуть стати небезпечними у разі певних робіт.

Тимчасові небезпечні зони створюються під час короткотривалих робіт, таких як монтаж крану або проведення вибухових робіт. Вони визначаються у процесі будівництва і можуть змінюватися залежно від умов.

Особливу увагу під час будівництва слід звернути на робочі місця, розташовані на висоті. Небезпечною зоною тут є територія під робочим майданчиком, межі якої визначаються горизонтальною проекцією майданчика, збільшеною на $0,3H$, де H — висота робіт.

Межі зон, де є ризик ураження електричним струмом, встановлюються залежно від напруги в електроустановках. Під час земляних робіт небезпечною вважається зона в межах призми обвалення ґрунту плюс один метр (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Межі небезпечних зон

Висота можливого падіння вантажу (предмета)	У місцях, над якими виконується переміщення вантажу кранами (від горизонтальної проекції траєкторії переміщення вантажу максимальних габаритів у випадку його падіння)	Поблизу будівлі або споруди, що будується (від її зовнішнього периметра)
До 10	До 4	Від 1,5 до 3,5
До 20	До 7	До 5
До 70	До 10	До 7
До 120	До 15	До 10
До 200	До 20	До 15
До 300	До 25	До 20
До 450	До 30	До 25

Під час експлуатації будівельних машин, зокрема вантажопідіймальних кранів, небезпечною зоною вважають ті ділянки або вузли машини, де може виникнути ризик нещасного випадку (табл. 5.1 та рис. 5.4).

Така небезпека може загрожувати як працівникам, які обслуговують машину, так і тим, хто знаходиться поблизу. Без належної огорожі або застережливих знаків на цих ділянках підвищується ризик травматизму.

Перед початком робіт із залученням кранів обов'язково слід визначити межі небезпечних зон, у яких діють або можуть діяти небезпечні чинники. Це особливо важливо для планування безпечних умов роботи на будівельному майданчику. З урахуванням розташування таких зон ухвалюються рішення про оптимальне розміщення проїздів, тимчасових споруд та складів.

Під час роботи вантажопідіймальних кранів виділяють декілька ключових зон:

- Монтажна зона — зона, де безпосередньо відбувається процес монтажу конструкцій.
- Зона обслуговування крана (робоча зона) — простір, в якому переміщуються робочі органи крана.
- Небезпечна зона під час переміщення вантажів (потенційно небезпечна зона) — зона, де може виникнути ризик падіння або небезпечного переміщення вантажу.
- Постійно небезпечна зона — це зона, що утворюється біля мобільних робочих органів крана, таких як стріла або кранові вузли, де постійно існує ризик травмування працівників.

Небезпечні зони повинні бути чітко позначені на будівельному майданчику за допомогою попереджувальних знаків або огорож, а працівники мають бути попереджені про ризики. Це дозволяє мінімізувати кількість нещасних випадків і забезпечити безпечні умови праці на майданчику.

Для забезпечення безпеки під час переміщення вантажів механізмами межі таких зон повинні бути не меншими ніж п'ять метрів, якщо інші вимоги не зазначені в документації виробника обладнання.

Окрім того, входи до будівель повинні бути захищені щільними навісами, щоб запобігти потраплянню предметів зверху. Огорожі мають бути достатньо міцними та висотою не менше 1,1 м. Усі роботи з установлення або демонтажу огорож мають виконуватися при освітленні не менше ніж 30 лк у темний час доби, і за умови, що погодні умови дозволяють виконувати роботи без ризику для безпеки.

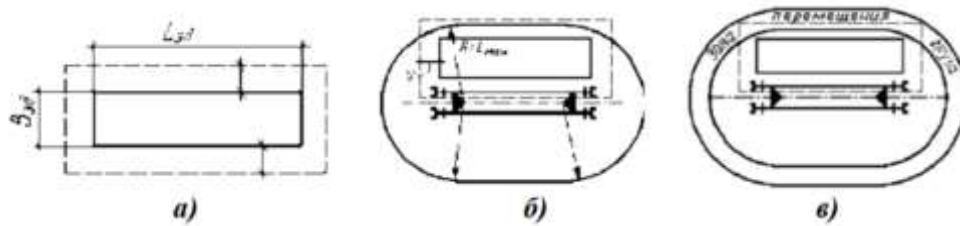


Рисунок 5.4 – Небезпечні зони при експлуатації кранів (а – монтажна, б – обслуговування, в – переміщення вантажу)

З метою зниження рівня травматизму на будівельних майданчиках використовують стаціонарні та тимчасові огорожі. Ці огорожі мають бути надійними і простими в установці. Вони можуть бути інтегровані з обладнанням, наприклад, кожухами на візках кранів або на шліфувальних верстатах, що автоматично зупиняють машину при знятті огорожі. Тимчасові огорожі

5.3 Особливості проведення будівництва в холодну пору року

Будівельні роботи в осінньо-зимовий період характеризуються підвищеним рівнем небезпеки порівняно з теплими місяцями року. Це зумовлено погіршенням кліматичних умов та зростанням дискомфорту в робочому середовищі. Зниження температури, скорочення світлового дня, поява опадів у вигляді снігу та дощу, ожеледь, сильні вітри та тумани — усе це створює додаткові ризики для безпечного виконання будівельних робіт.

Основною небезпекою в умовах низьких температур є ризик переохолодження робітників, зниження ефективності будівельних матеріалів та устаткування. Наприклад, заборонено проводити роботи при температурі нижче $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для 3-ї кліматичної зони — нижче $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$, крім екстрених ситуацій. Також швидкість вітру є вагомим фактором: монтажні роботи на висоті заборонені при швидкості вітру 15 м/с і більше, а при вітрі 12 м/с або під час грози, ожеледиці і снігопаду забороняється виконання свердловин, траншей та інших зовнішніх робіт.

Такі несприятливі умови впливають як на працівників, так і на будівельні об'єкти, накладаючи суттєві обмеження на технології, методи та режими ведення робіт. Дотримання цих обмежень, впровадження додаткових захисних заходів та специфічних правил роботи є критично важливими для запобігання травматизму серед будівельників.

Одним із найбільших ризиків є низька температура повітря. Відповідно до "Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища", затвердженої наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 р. № 248, робота при температурі навколишнього середовища нижче -30°C (а для 3-ї кліматичної зони — нижче -27°C) відноситься до 4-го класу небезпеки і забороняється, навіть із застосуванням теплоізоляції. Виняток становлять лише аварійно-рятувальні роботи. При цьому, на кожний 1 м/с зростання швидкості вітру гранично допустима температура підвищується на $2,2^{\circ}\text{C}$.

Державні будівельні норми ДБН А.3.2-2-2009 "Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" та "Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті" (НПАОП 0.00-1.15-07) встановлюють додаткові обмеження щодо виконання робіт за певних погодних умов.

- При швидкості вітру 15 м/с і більше заборонено виконувати монтажні роботи на висоті у відкритих місцях, цегляну кладку зовнішніх стін багатоповерхових будівель, розбирання та реконструкцію споруд, а також переміщення бурових та палубних машин.

- За швидкості вітру 12 м/с і більше, а також під час грози, ожеледі чи туману, не дозволяється проводити проходку свердловин, улаштування траншей, монтаж конструкцій, бетонні роботи з використанням риштувань.

- При швидкості вітру понад 10 м/с необхідно припиняти роботи з переміщення та встановлення конструкцій з великою парусністю. Також не допускається пересування засобів підмоцуння в таких умовах.

- Роботи на висоті заборонено виконувати при швидкості вітру 10 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що ускладнює видимість, а також при температурі повітря нижче -20°C або вище $+35^{\circ}\text{C}$. Винятком є невідкладні роботи, для яких необхідно передбачити додаткові заходи безпеки.

Експлуатація деякого обладнання має додаткові обмеження. Наприклад, маніпулятори з гідравлічним приводом стріли-розподільника заборонено використовувати при мінусових температурах зовнішнього повітря. Під час експлуатації техніки необхідно дотримуватися рекомендацій та обмежень, зазначених у паспорті заводу-виробника.

Специфічні вимоги до технологічних процесів

Нормативні акти встановлюють особливі вимоги до окремих видів будівельно-монтажних робіт:

- При постійно низьких середньодобових температурах допускається збільшення глибини вертикальних стінок виїмок на величину глибини промерзання ґрунту, за винятком сипучомерзлих ґрунтів. Під час відлиги виїмки, розроблені в зимовий період, необхідно оглянути та вжити заходів для забезпечення стійкості укосів або зміцнення їх кріплень.

- Після дощу, сильного вітру, грози або відлиги необхідно проводити додатковий огляд обладнання та конструкцій для виявлення можливих пошкоджень чи деформацій.

Заходи для забезпечення безпеки

- небезпечні зони повинні бути чітко позначені та огорожені. Це стосується як зони роботи кранів, так і ділянок, де можливе падіння предметів або обвалення конструкцій.

- Необхідно ретельно планувати графік робіт, враховуючи прогноз погоди та можливі несприятливі умови.

- Засоби індивідуального захисту: Працівники повинні бути забезпечені відповідним одягом та засобами захисту, що відповідають погодним умовам.

- Навчання персоналу: Проведення інструктажів та навчання працівників щодо дій у складних погодних умовах є обов'язковим.

На основі аналізу небезпек пропонуються наступні рекомендації щодо підвищення рівню безпеки праці при виконання робіт в холодну пору року (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Аналіз небезпек з наведеними рекомендаціями

Тип небезпеки	Наслідки	Рекомендації
Низька температура	Переохолодження, зниження продуктивності працівників	Зупинення робіт при температурі нижче -30 °C (або -27 °C для 3-ї кліматичної зони), забезпечення теплового одягу, облаштування місць для обігріву
Сильний вітер	Перекидання конструкцій, складність керування технікою	Зупинення робіт при вітрі більше 12-15 м/с, забезпечення захисту будівельних конструкцій і техніки від перекидання
Ожеледиця	Ризик падінь, травмування працівників	Використання протиковзких матеріалів, забезпечення додаткових заходів безпеки, регулярне очищення робочих поверхонь від льоду
Снігопади	Засипання робочих зон, небезпека обвалів	Організація частого прибирання снігу, забезпечення додаткових укріплень для конструкцій, що можуть бути засипані снігом
Низька видимість (туман, дощ)	Зіткнення техніки, підвищена небезпека травмування працівників	Зупинення робіт під час сильного туману або дощу, забезпечення додаткового освітлення, використання світлових сигналів і попереджувальних знаків
Робота на висоті	Падіння працівників або конструкцій	Заборона робіт на висоті при сильному вітрі, ожеледиці, грозі або при температурі нижче -20 °C, встановлення захисних огорож і запобіжних заходів
Підвищена парусність конструкцій	Ризик перекидання конструкцій, зниження стійкості	Зупинення робіт з конструкціями при вітрі більше 10 м/с, забезпечення додаткових заходів для стабілізації та фіксації конструкцій
Робота з гідравлічними маніпуляторами	Замерзання гідравлічної системи, вихід з ладу техніки	Заборона експлуатації маніпуляторів при низьких температурах, регулярна перевірка технічного стану обладнання, зберігання техніки у теплому приміщенні
Відсутність оперативного зв'язку	Підвищена небезпека координації дій між працівниками на великій відстані	Забезпечення надійного зв'язку (радіо, мобільний), регулярні інструктажі для працівників, особливо під час складних погодних умов

Нестабільність основи після снігопадів	Можливі обвали або деформація ґрунту після сильного снігопаду або відлиги	Регулярний моніторинг стану ґрунту, посилення укосів і кріплень, особливо після сильних опадів або при зміні температурного режиму
--	---	--

Виконання будівельних робіт в осінньо-зимовий період вимагає підвищеної уваги до безпеки праці. Дотримання встановлених нормативів, впровадження додаткових заходів безпеки та постійний контроль за станом обладнання і конструкцій є ключовими факторами для запобігання нещасним випадкам і забезпечення ефективної роботи в складних погодних умовах.

5.4 Освітлення будівельного майданчику

Розрахунок кількості світильників для штучного освітлення проводиться з урахуванням площі, що підлягає освітленню, та потужності ламп. Для цього враховуються параметри освітленості, які забезпечують комфортні умови роботи та безпеки на будівельному майданчику.

Основні параметри для розрахунку:

- $E = 2 \text{ Лк}$ — нормована освітленість, яка є стандартною для подібних робітничих зон.
- $k = 1,5$ — коефіцієнт запасу, що враховує втрати світлового потоку через старіння ламп, забруднення світильників та інші фактори, що впливають на зниження освітленості з часом.
- $S = 6800 \text{ м}^2$ — площа, що підлягає освітленню. Це може бути зовнішня територія або внутрішні приміщення, де проводяться будівельні роботи.
- $\eta = 0,35$ — коефіцієнт корисної дії (КПД) прожектора, що визначає ефективність перетворення електричної енергії у світлову.
- F — світловий потік ламп розжарювання, який залежить від типу і потужності лампи, що використовується для освітлення.

- $u = 0,8$ — коефіцієнт використання світлового потоку, який показує, скільки світла, що випромінюється лампою, фактично використовується для освітлення площі.

- $z = 0,75$ — коефіцієнт нерівномірності освітлення, який враховує розподіл світла на площі та можливі затемнені ділянки.

Кількість світильників (прожекторів) для освітлення визначається за формулою (3.13):

$$n = \frac{E \cdot k \cdot S}{F \cdot \eta \cdot u \cdot z} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 6792}{18200 \cdot 0,35 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 5 \text{ шт} \quad (3.13)$$

, де: n — це кількість світильників, необхідних для забезпечення нормованої освітленості на заданій площі,

η — ефективність використання світлового потоку прожектора.

Ця формула дозволяє визначити кількість світильників або прожекторів для забезпечення належної освітленості з урахуванням всіх зазначених факторів.

Важливо, щоб світловий потік був рівномірно розподілений по всій площі, а освітлювальні прилади мали достатню потужність для виконання завдань у зоні будівництва.

РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

6.1 Аналіз проблематики календарного планування в будівництві

Календарне планування є одним із найважливіших аспектів управління будівельними проєктами, оскільки від нього залежить ефективність використання ресурсів, своєчасність виконання робіт та загальна успішність проєкту. Традиційно в будівництві застосовуються метод критичного шляху (CPM) та техніка оцінки та перегляду програми (PERT) у поєднанні з процедурами проб і помилок. Ці методи базуються на лінійних моделях і спрямовані на визначення оптимальних шляхів реалізації проєкту.

Однак застосування цих традиційних методів часто супроводжується тривалим аналізом різних альтернатив початку та тривалості будівельних робіт. Процес планування стає затяжним, і завжди залишається сумнів щодо оптимальності отриманого графіка. Це пов'язано з тим, що методи CPM та PERT не завжди здатні врахувати складні взаємозв'язки між різними видами діяльності, особливо коли йдеться про нелінійні залежності між вартістю та тривалістю робіт.

Проблема полягає в тому, що лінійні методи програмування (LP), які часто використовуються для оптимізації витрат проєктів, можуть обробляти лише лінійні зв'язки між змінними. Це змушує дослідників і практиків спрощувати нелінійні члени моделі, формулюючи їх як дискретні зв'язки або апроксимуючи покусково лінійними функціями. Такий підхід може призвести до втрати точності та неадекватного відображення реальної ситуації на будівельному майданчику.

Ранні дослідження в цій галузі вже визнавали нелінійну природу співвідношення між вартістю та тривалістю проєкту. Це спонукало до розвитку методів нелінійного програмування (НЛП) для вирішення задач оптимізації планування проєкту з нелінійними функціями витрат. НЛП дозволяє враховувати більш складні взаємозв'язки та обмеження, що робить результати планування більш реалістичними та ефективними.

Проте більшість опублікованих робіт зосереджуються на зв'язках пріоритету типу «від кінця до початку» між видами діяльності, ігноруючи інші можливі типи зв'язків, такі як «від початку до початку» або «від кінця до кінця». Це обмежує можливості оптимізації та не враховує всю складність будівельних процесів.

Традиційні методи не завжди здатні оперативно реагувати на непередбачувані обставини, які часто виникають у будівництві: затримки постачання матеріалів, зміни погодних умов, технічні проблеми тощо. Це може призводити до відхилень від запланованого графіка, збільшення витрат та зниження ефективності проєкту.

Сучасні підходи до календарного планування в будівництві передбачають використання комплексних оптимізаційних моделей, які враховують нелінійні залежності, різні типи зв'язків між видами діяльності та обмеження ресурсів. Застосування методів нелінійного програмування дозволяє розробити більш точні та оптимальні графіки, мінімізуючи загальні витрати та тривалість проєкту.

Наприклад, розробка оптимізаційної моделі, яка включає нелінійну цільову функцію загальних витрат проєкту та систему обмежень узагальнених зв'язків пріоритету між видами діяльності, дозволяє отримати графік з оптимальним часом початку та тривалістю кожної діяльності. Це сприяє більш ефективному використанню ресурсів та зниженню ризиків перевитрат.

Активно досліджується також впровадження інформаційних технологій у процес календарного планування. Використання спеціалізованого програмного забезпечення, такого як BIM-технології, системи управління проєктами та інші інструменти, дозволяє автоматизувати процес планування, оперативно вносити зміни та аналізувати різні сценарії розвитку проєкту.

Необхідно також враховувати людський фактор та забезпечувати належну кваліфікацію персоналу, відповідального за планування та управління проєктами. Навчання та підвищення компетенцій у сфері сучасних

методів та технологій є критично важливими для успішного впровадження оптимізованих календарних планів.

Проблематика календарного планування в будівництві пов'язана з необхідністю переходу від традиційних лінійних методів до більш складних та адаптивних моделей, які враховують нелінійні взаємозв'язки та реалії будівельного процесу. Інтеграція методів нелінійного програмування, сучасних інформаційних технологій та підвищення кваліфікації персоналу може значно покращити ефективність управління будівельними проєктами.

Однією з суттєвих проблем у календарному плануванні будівельних проєктів є нереалістичні очікування, які висувають менеджери та юристи щодо процесу планування. Розклад є моделлю того, що може статися в майбутньому, але він не є точним прогнозом або гарантією. Часто від підрядника вимагають зобов'язатися виконати проєкт у визначений термін, проте очікувати, що він детально визначить, як саме це буде досягнуто за місяці або роки наперед, є нереалістичним.

Детальне планування на тривалий період стає проблематичним, оскільки багато людей, відповідальних за виконання окремих робіт, можуть бути ще невідомі. Зовнішні фактори, такі як погодні умови, зміни в законодавстві або ринку, можуть суттєво вплинути на хід проєкту. У таких умовах детальні графіки на наступні 2-4 місяці є розумним підходом для координації роботи, де відомі ресурси активно залучаються до розробки узгодженого плану.

За межами цього терміну детальні розклади стають вправою в здогадках, що може завдати шкоди. Значні ресурси витрачаються на розробку складних деталей, а потім ще більше часу та грошей витрачається на суперечки щодо того, чому первісні припущення не відповідають реальності. Це відволікає від основної мети проєкту і може призвести до затримок та перевитрат.

Існують кращі підходи до календарного планування, такі як метод "ковзної хвилі" або методи з різною щільністю планування. Вони працюють

набагато ефективніше, але часто не сприймаються менеджерами, замовниками та юристами, які очікують від планувальників точного передбачення майбутнього з участю сотень або тисяч людей за місяці та роки наперед. Такі нереалістичні очікування завдають більше шкоди реалізації проєкту, ніж будь-що інше.

Головна мета будь-якої моделі, включаючи графік проєкту, – надати інформацію для підтримки прийняття рішень. Графік є моделлю, подібно до того, як складні комп'ютерні алгоритми використовуються для прогнозування погоди. Синоптики застосовують свій досвід для інтерпретації моделей і готують короткострокові, середньострокові та довгострокові прогнози. Вони надають інформацію, яка дозволяє нам приймати обґрунтовані рішення щодо наших дій у найближчі дні.

Важливо, що по мірі появи нової інформації експерти налаштовують і адаптують свої моделі, використовуючи нові дані для оновлення прогнозів. З точки зору комунікації інформації, вони керують очікуваннями: повідомляють, коли ймовірно почнеться дощ завтра, які дні можуть бути вологими протягом наступного тижня, і надають загальну інформацію на кілька місяців вперед. Вони не намагаються прогнозувати, що дощ почнеться о 16:18 у середу через три тижні, навіть якщо модель це розрахувала. Вони знають, що занадто багато змінних у грі, щоб зробити такий прогноз життєздатним.

Аналогічно, планувальники проєктів повинні визнавати обмеження детального довгострокового планування. Замість того, щоб витрачати ресурси на створення нереалістичних графіків, краще зосередитися на більш гнучких методах, які дозволяють адаптуватися до змін. Це включає в себе:

- Короткострокове детальне планування: Створення детальних графіків на найближчі 2-4 місяці з активним залученням відповідальних ресурсів.
- Середньострокове планування з середньою деталізацією: Планування на період від 4 місяців до року з урахуванням відомих факторів та можливих змін.

- Довгострокове загальне планування: Визначення ключових етапів та цілей проєкту на період понад рік, залишаючи деталі для уточнення в майбутньому.

Такий підхід дозволяє краще управляти очікуваннями всіх зацікавлених сторін і забезпечує більш реалістичний план виконання робіт. Це також сприяє більш ефективному використанню ресурсів і зменшує ризики, пов'язані з непередбаченими обставинами.

Окрім вже згаданих проблем, існує також суттєвий тиск з боку менеджерів та юристів, які висувують нереалістичні очікування щодо процесу календарного планування. Від планувальників часто вимагають створювати багатотисячні рядкові графіки з точними датами початку та завершення діяльності на місяці та навіть роки вперед. Коли ж реальність виявляється іншою, ці графіки піддаються критиці та сумніву.

Слід усвідомлювати, що існує принаймні стільки ж змінних, які впливають на будівельний графік, скільки й на прогноз погоди. Надмірна деталізація та складність графіків призводить до низки негативних наслідків:

- Непрактичність використання графіка: Занадто складні графіки стають незрозумілими для учасників проєкту, що знижує їх корисність у прийнятті рішень.
- Втрати актуальності: Графіки швидко стають неточними через зміни у проєкті та зовнішніх факторах, втрачаючи свою актуальність як робочий інструмент. Це призводить до того, що люди ігнорують графік та планувальника.
- Конфлікти та суперечки: Помилки в графіку та вплив затримок стають центром контрактних суперечок, незважаючи на те, що фактична послідовність робіт може значно відрізнятися від запланованої. Сторони витрачають ресурси на юридичні баталії замість того, щоб зосередитися на ефективному управлінні проєктом.

Добре розроблені графіки повинні бути достатньо простими та зрозумілими, щоб реально підтримувати процес прийняття рішень.

Досягнення цієї мети вимагає використання рівнів графіка та інших технік досвідчених планувальників. Це дозволяє надавати менеджерам необхідну інформацію своєчасно, а також швидко та ефективно тестувати різні сценарії "що, якщо", зберігаючи при цьому повну трасованість через усі рівні графіка.

Порівнюючи з прогнозуванням погоди, можна побачити, як синоптики надають цінну інформацію для вашого міста чи району, спираючись на складні моделі. Вони не намагаються передбачити точний час початку дощу за три тижні, а надають більш загальні прогнози, які допомагають людям приймати обґрунтовані рішення.

Проблема розуміння обмежень моделей

Іншою суттєвою проблемою є те, що деякі планувальники не розуміють обмежень своїх моделей. Хороші планувальники знають межі своїх інструментів та методологій і працюють в їх рамках, щоб отримати корисну інформацію для управління. Погані планувальники просто запускають програмне забезпечення, вводять дані та приймають отримані результати без критичного аналізу.

Як зазначив статистик професор Джордж Е. П. Бокс: «Усі моделі неправильні, але деякі з них корисні». Він також підкреслив, що "оскільки всі моделі неправильні, неможливо отримати 'правильну' за допомогою надмірної розробки" і що "практичне питання полягає в тому, наскільки вони можуть бути неправильними, щоб залишатися корисними".

Парадокс корисності графіка

Парадоксально, але визнання того, що графік певною мірою неправильний, може зробити його більш корисним. Розуміння ступеня неточності графіка дозволяє адаптувати його до реальних умов і використовувати як інструмент для управління, а не як догматичний план, який обов'язково має бути виконаний.

Однією з фундаментальних проблем є недостатнє розуміння обмежень і властивих помилок у методі діаграм передування (PDM). Дослідження показують, що значна частина критичних шляхів визначається не самими

діяльностями, а зв'язками між ними. Наприклад, згідно з роботами Мюррея Вулфа, близько 30% критичних шляхів знаходяться саме у зв'язках, а не в діяльностях. Це важливо, оскільки проєктна робота визначається діяльностями, і всі претензії щодо затримок базуються на затримках у виконанні робіт. Неврахування цього може призвести до серйозних помилок у плануванні та управлінні проєктом.

Визнання імовірнісного характеру прогнозів

Будь-яка оцінка майбутніх результатів є імовірнісною та має певний діапазон можливих значень. Використання методів Монте-Карло (метод імітації для приблизного відтворення реальних явищ) або навіть традиційного PERT може показати, що діяльності та шляхи, які найбільше впливають на результат проєкту, відрізняються від детермінованого критичного шляху CPM. Сучасна практика часто ігнорує імовірнісний критичний шлях або шляхи, що може призвести до недооцінки ризиків та потенційних затримок.

Моделювання ризиків та їх вплив на графік

Ризикові події мають різний ступінь впливу на розклад. Моделювання ризиків є важливим для розуміння того, як потенційні проблеми можуть вплинути на проєктні терміни. Однак, ризик-моделювання проводиться рідко, що підвищує вразливість проєкту до непередбачених обставин.

Оптимізація ресурсів та управління критичними ресурсами

Питання, пов'язані з оптимізацією ресурсів і управлінням критичними ресурсами, часто ігноруються в стандартних інструментах CPM. Неврахування обмежень ресурсів може призвести до ситуацій, коли навіть оптимально спланований графік неможливо реалізувати через нестачу необхідних ресурсів у потрібний час.

Фокус на загальному обсязі робіт, а не лише на критичному шляху

Зосередження виключно на критичному шляху CPM та записування запасів часу (float) на інших шляхах може відкладати вирішення проблем на пізніший період. Уся робота повинна бути виконана, і недооцінка важливості некритичних шляхів може призвести до затримок у майбутньому. Метод

Earned Schedule є одним із рішень цієї проблеми, оскільки дозволяє більш точно відстежувати фактичний прогрес проєкту.

Недостатня обізнаність планувальників про ці проблеми

Сучасна практика планування здебільшого ігнорує всі ці питання, і багато планувальників не усвідомлюють свого незнання. Новий Посібник з оцінки розкладу, виданий GAO США, є важливим кроком у вирішенні деяких із цих фундаментальних проблем, але він ще не набув широкого поширення та не вплинув на загальну практику.

6.2 Методологія оптимізації календарного планування в будівництві

Оптимізація календарного планування в будівництві є складним завданням, яке вимагає використання ефективних алгоритмів для знаходження оптимальних рішень. Одним із ключових аспектів цього процесу є визначення відповідного локального сусідства для поточного планувального рішення. Локальне сусідство в контексті оптимізації—це множина рішень, які можуть бути отримані з поточного шляхом незначних змін.

У будівельних проєктах завдання та пов'язані з ними технологічні обмеження можна представити у вигляді орієнтованого ациклічного графа. Цей граф відображає послідовності та залежності між завданнями, що дозволяє структуровано аналізувати планування проєкту.

Топологічне впорядкування та ранги завдань

Для ефективного управління графом технологічних обмежень використовується топологічне впорядкування, яке дозволяє визначити ранги виконання для кожного завдання. Ранг завдання залежить від ступеня його предків у графі і визначається максимальною довжиною шляху від кореневого вузла до цього завдання. Завдання зі ступенем предка k належать до рангу k . Це означає, що, якщо всі необхідні ресурси були б доступні в необмеженій кількості, всі завдання з однаковим рангом могли б виконуватися одночасно.

Однак у реальних умовах ресурси зазвичай обмежені, тому завдання з однаковим рангом можуть виконуватися лише послідовно, залежно від доступності ресурсів та їхнього поточного розподілу. Це призводить до необхідності встановлення часткового порядку виконання завдань у межах кожного рангу.



Рисунок 6.1 – Діаграма запуску задач в плануванні

Алгоритм моделювання відпалу для оптимізації розкладу

У рамках оптимізації розкладу застосовується метод моделювання відпалу (Simulated Annealing), який імітує процес охолодження металів для пошуку глобального оптимуму в складних задачах з багатьма локальними мінімумами. Локальне сусідство розкладу визначається як можливість заміни двох завдань у межах одного рангу. Таким чином, можна генерувати нові рішення, випадково вибираючи дві різні задачі в кожному ранзі та змінюючи їхні позиції.

Приклад застосування методу

Розглянемо простий приклад планувальної задачі, що складається із семи завдань: A, B, C, D, E, F та G, які мають бути виконані з використанням чотирьох різних ресурсів: R1, R2, R3 та R4.

Топологічне впорядкування дозволяє розподілити завдання за рангами. Наприклад:

- Перший ранг: завдання B та C
- Другий ранг: завдання D, E, F та G

При початковому плануванні порядок виконання завдань може бути:

- Перший ранг: <B, C>
- Другий ранг: <D, F, E, G>

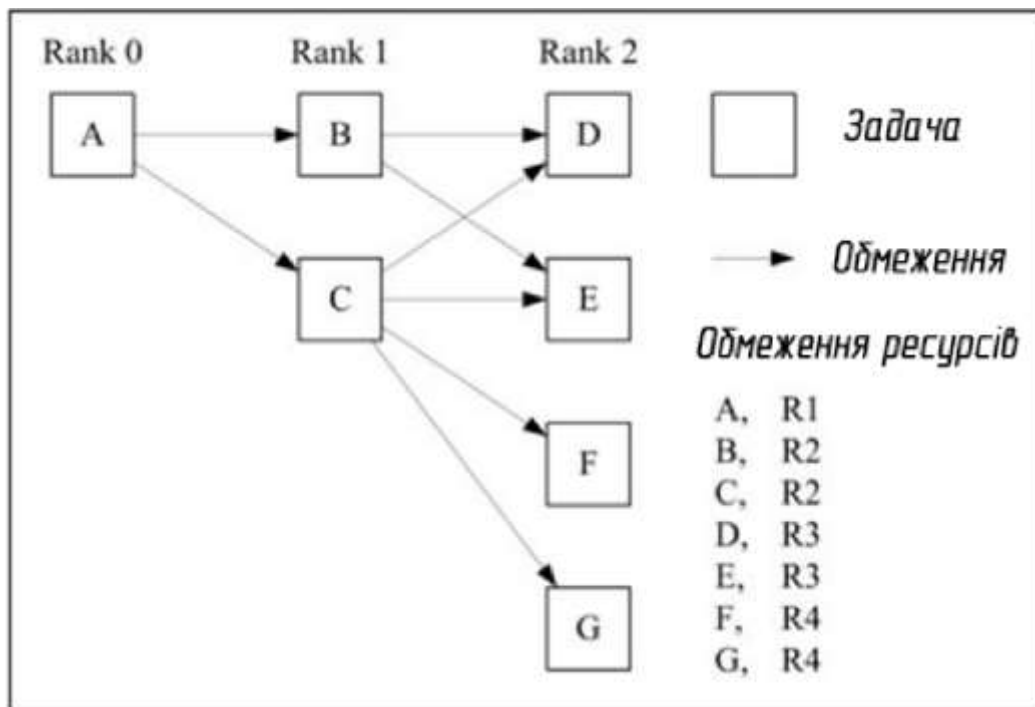


Рисунок 6.2 – Топологічне упорядкування завдань в будівництві

Вплив ресурсних обмежень

При визначенні топологічного впорядкування ресурсні обмеження не враховуються. Проте вони суттєво впливають на кінцевий розклад і, відповідно, на загальну тривалість проєкту (makespan) та витрати. Тому після початкового впорядкування необхідно врахувати доступність ресурсів та їхній розподіл між завданнями.

Генерація нового рішення через заміну завдань

На основі початкового рішення можна згенерувати нове сусіднє рішення шляхом заміни позицій виконання двох завдань у межах одного рангу. Наприклад, замінивши місцями завдання B і C у першому ранзі, отримаємо новий порядок: <C, B>. Це може призвести до іншого розподілу ресурсів та потенційно більш ефективного розкладу.

Аналогічно, у другому ранзі можна замінити позиції завдань D і E, отримавши новий порядок: <E, F, D, G>. Кожна така зміна формує нове рішення, яке може бути оцінене з точки зору оптимізації використання ресурсів та скорочення тривалості проєкту.

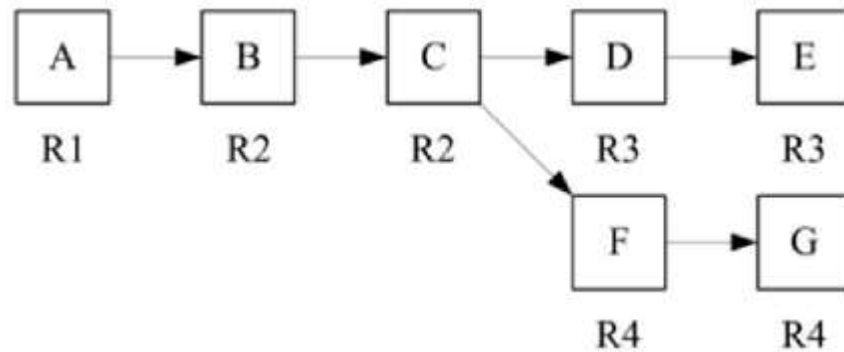


Рисунок 6.3 – Початкова послідовність виконання завдань

Розширення методу та додаткові оптимізаційні техніки

Для покращення результатів оптимізації можна застосовувати додаткові техніки:

- Врахування ресурсних обмежень при впорядкуванні: Інтеграція ресурсних обмежень на етапі топологічного впорядкування може забезпечити більш реалістичні початкові рішення.
- Поєднання моделювання відпалу з іншими методами, такими як генетичні алгоритми або методи табу-пошуку, може підвищити ефективність пошуку оптимальних рішень.
- Врахування ризикових подій та їхнього впливу на розклад дозволяє створювати більш стійкі плани.

Практичне застосування та переваги підходу

Застосування описаного підходу в реальних будівельних проєктах може призвести до:

- Скорочення загальної тривалості проєкту: Оптимізація послідовності виконання завдань та розподілу ресурсів зменшує makespan.

- Ефективніше використання ресурсів: Раціональний розподіл ресурсів знижує простої та підвищує продуктивність.
- Гнучкість планування: Можливість швидко генерувати нові рішення дозволяє адаптуватися до змінних умов та непередбачених обставин.

Виклики та обмеження

- Обчислювальна складність: Для великих проєктів кількість можливих комбінацій може бути дуже великою, що вимагатиме значних обчислювальних ресурсів.
- Необхідність точної інформації: Ефективність алгоритмів залежить від точності вхідних даних щодо тривалості завдань, ресурсних вимог та обмежень.
- Інтеграція з існуючими системами: Впровадження таких методів може вимагати адаптації до наявних інформаційних систем та процесів управління проєктами.

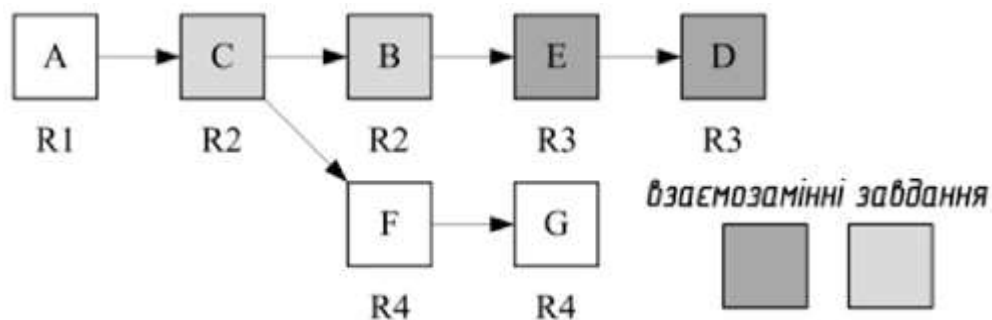


Рисунок 6.4 – Нова послідовність виконання

Здійснений аналіз з розробкою рекомендацій у контексті методології скорочення тривалості виконання будівельних робіт при розробці календарних графіків (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Скорочення тривалості робіт для складання графіків

№	Метод	Опис	Переваги	Недоліки
1	Перерозподіл ресурсів	Перенаправлення ресурсів з некритичних робіт на критичні для	Ефективне використання ресурсів,	Може призвести до затримок некритичних

		скорочення їх тривалості в межах допустимих резервів часу.	скорочення тривалості критичних робіт без додаткових витрат.	робіт, ризик появи нових критичних шляхів.
2	Зміна логічних зв'язків	Перегляд послідовності робіт, заміна послідовних зв'язків на паралельні там, де це можливо і доцільно.	Скорочення загальної тривалості проєкту, підвищення ефективності планування.	Зростання складності управління, підвищення ризику конфліктів та помилок у виконанні робіт.
3	Актуалізація тривалості робіт	Перерахунок тривалості критичних робіт на основі нової інформації або уточнених даних.	Отримання більш точного графіка, можливість виявлення резервів часу.	Витрати часу на перерахунок, можливі неточності в нових оцінках.
4	Зміна режиму роботи	Перехід на інший графік роботи (наприклад, з п'ятиденного на шести- або семиденний тиждень), введення понаднормових годин.	Прискорення виконання робіт без змін у технології.	Зниження продуктивності через перевтому, підвищення витрат на оплату праці, можливе зниження якості робіт.
5	Залучення субпідрядників	Використання зовнішніх підрядників або тимчасових працівників для виконання робіт при перевантаженні внутрішніх ресурсів.	Збільшення продуктивності, зменшення навантаження на власні ресурси.	Додаткові витрати, ризик неузгодженості, контроль якості може бути ускладнений.
6	Зміна засобів транспортування	Використання швидших методів транспортування матеріалів (наприклад, авіація замість залізниці або морського транспорту).	Скорочення часу доставки, уникнення затримок через логістику.	Підвищення витрат на транспортування, можливі обмеження за обсягом та вагою вантажів.
7	Технічні зміни	Впровадження альтернативних матеріалів, технологій або методів, які спрощують та прискорюють виконання робіт.	Підвищення ефективності, можливе зниження витрат на матеріали.	Можливі ризики щодо якості, необхідність додаткового навчання персоналу, витрати на дослідження та розробки.

8	Матеріальне стимулювання	Запровадження премій та бонусів за скорочення тривалості виконання робіт або перевиконання планів.	Мотивація працівників до більш ефективної роботи, підвищення продуктивності.	Підвищення витрат на оплату праці, можливий стрес та вигорання працівників, ризик зниження якості через поспіх.
9	Підвищення кваліфікації персоналу	Проведення навчання та тренінгів для працівників з метою підвищення їхньої професійної компетентності та ефективності.	Довгострокове покращення продуктивності, розвиток персоналу, підвищення якості робіт.	Витрати часу та коштів на навчання, ефект може бути відстроченим, необхідність заміни працівників на час навчання.
10	Поліпшення умов праці та мотивація	Впровадження заходів для підвищення задоволеності працівників (згідно з теоріями Маслоу, Герцберга, МакГрегора), поліпшення умов праці, соціальних гарантій тощо.	Збільшення мотивації, зменшення плинності кадрів, підвищення якості та продуктивності.	Додаткові витрати на покращення умов, ефект може бути поступовим, потребує системного підходу.
11	Скорочення обсягу робіт	Перегляд проекту з метою зменшення його обсягу, вилучення непотрібних або менш важливих робіт, якщо час та витрати є головними пріоритетами.	Значне скорочення тривалості та витрат проєкту, концентрація на ключових завданнях.	Можливе недосягнення початкових цілей проєкту, зниження функціональності чи якості кінцевого продукту, негативна реакція замовника або стейкхолдерів.

Сучасні дослідження в галузі оптимізації планування будівельного виробництва відкривають можливості використання інноваційних алгоритмів для ефективного розподілу ресурсів між будівельними майданчиками в рамках проєктної програми.

Залежно від ресурсних можливостей, технологічної спеціалізації організації та технологічних схем будівництва різних об'єктів, менеджери та

організатори виробництва отримують інструменти для прийняття оптимальних рішень навіть в умовах непередбачуваних змін, таких як додавання нових об'єктів до виробничої програми підприємства.

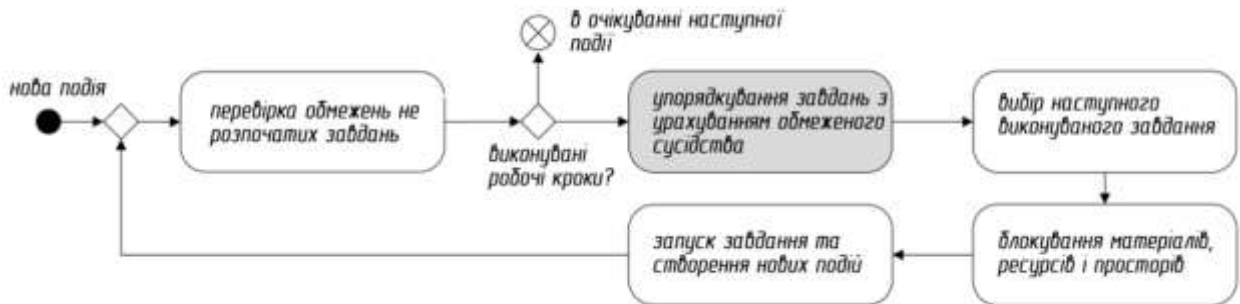


Рисунок 6.5 – Створення нового рішення після впорядкування

Інтеграція цих алгоритмів з існуючими програмними комплексами та системами підтримки прийняття управлінських рішень сприяє формуванню чітко алгоритмізованої методології розподілу будівельних робіт. Це стосується як використання власних ресурсів організації, так і залучення субпідрядних організацій.

Такий підхід дозволяє досягти вищого економічного та технологічного ефекту при реалізації проєктів, у порівнянні з методами, що базуються лише на евристичних або інтуїтивних управлінських рішеннях.

Календарне планування в будівництві є критично важливим компонентом успішного управління проєктами. Аналіз проблематики показав, що традиційні методи мають низку недоліків, зокрема:

- Нереалістичні очікування щодо точності довгострокових графіків.
- Недостатнє врахування ресурсних обмежень та нелінійних залежностей між видами діяльності.
- Ігнорування ризиків та непередбачуваних обставин, що впливають на хід проєкту.

Впровадження сучасних методів оптимізації, таких як алгоритми нелінійного програмування та моделювання відпалу, дозволяє подолати ці проблеми. Використання нових алгоритмів для ефективного розподілу

ресурсів між будівельними майданчиками забезпечує гнучкість та адаптивність планування, що є особливо важливим в умовах динамічних змін.

Рекомендації:

1. Інвестування в технології та навчання: Будівельні організації повинні інвестувати в сучасні програмні комплекси та підвищення кваліфікації персоналу, щоб ефективно використовувати нові методи планування.
2. Запровадження адаптивних методологій, які дозволяють швидко реагувати на зміни та непередбачувані обставини.
3. Інтеграція ресурсного та календарного планування: Поєднання цих двох аспектів забезпечить більш реалістичні та досяжні графіки виконання робіт.
4. Активне моделювання ризиків та їх впливу на графік проєкту для забезпечення стійкості планів.
5. Забезпечення прозорості та ефективної комунікації між усіма учасниками проєкту для узгодження очікувань та швидкого вирішення проблем.

Перспективи розвитку:

Подальші дослідження в галузі оптимізації календарного планування можуть бути спрямовані на:

- Розвиток гібридних алгоритмів: Поєднання різних методів оптимізації для досягнення ще кращих результатів.
- Впровадження штучного інтелекту та машинного навчання: Для прогнозування ризиків та автоматизації процесів планування.
- Створення інтегрованих систем управління проєктами: Які поєднують календарне планування, управління ресурсами, фінансами та ризиками.

Ефективне календарне планування в будівництві є ключовим фактором успішної реалізації проєктів. Використання сучасних методів та алгоритмів оптимізації дозволяє значно підвищити ефективність управління, скоротити витрати та знизити ризики. Організації, які впроваджують ці підходи,

отримують конкурентну перевагу та здатні більш успішно реалізовувати складні будівельні проекти в сучасних умовах ринку.

6.3 Математична модель для формалізації процесу планування

Математична модель дозволяє формалізувати процес планування та знайти оптимальне рішення з урахуванням усіх обмежень і ресурсів.

Мета оптимізації

- Мінімізувати загальну тривалість будівництва (час завершення проекту).
- Забезпечити ефективний розподіл ресурсів.
- Дотриматися всіх технологічних та ресурсних обмежень.

Постановка задачі

1. Визначення робіт та їх характеристик:

- Перелік робіт (заходів).
- Тривалість кожної роботи.
- Залежності між роботами (попередники та наступники).
- Потреби в ресурсах для кожної роботи.

2. Обмеження:

- Обмежена доступність ресурсів (робочі бригади, техніка).
- Технологічні обмеження (послідовність виконання робіт).
- Часові обмеження (терміни завершення проекту).

Вхідні дані наведені в табл. 6.2

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для моделювання

№	Назва роботи	Тривалість (дні)	Попередники	Ресурси (бригади)
1	Підготовчі роботи	5	-	1
2	Земляні роботи	7	1	2
3	Фундаментні роботи	10	2	2

4	Зведення стін	15	3	3
5	Монтаж покрівлі	7	4	2
6	Внутрішні оздоблювальні роботи	14	4	3
7	Зовнішні оздоблювальні роботи	10	5	2
8	Інженерні мережі	12	3	2
9	Благоустрій території	5	7,8	2
10	Завершення та здача об'єкту	3	6,9	1

Математична модель

Введемо змінні:

- S^i – час початку роботи i .
- D^i – тривалість роботи i .
- $F^i = S^i + D^i$ – час завершення роботи i .
- R_k^i – кількість ресурсу k , що використовується в роботі i .
- $R_k^{\max}$ – максимальна доступна кількість ресурсу k .

Цільова функція: Мінімізувати загальну тривалість проекту T (6.1).

$$\text{Мінімізувати } T = \{ F^i \}_{\max} \quad (6.1)$$

Вводимо наступні обмеження:

1. Технологічні залежності:

Для кожної роботи j , що безпосередньо залежить від роботи i (6.2):

$$F^i \leq S^j \quad (6.1)$$

2. Обмеження ресурсів

У будь-який момент часу t сумарне використання ресурсу k не повинно перевищувати його доступність:

$$\sum (R_k^t \times x_t^i) \leq R_k^{\max} \text{ для всіх } t \text{ і } k \quad (6.1)$$

, де: $x_t^i = 1$, якщо робота i виконується в момент часу t ;

$x_t^i = 0$, якщо робота i не виконується в момент часу t .

3. Обмеження на змінні:

$$S^i \geq 0 \text{ для всіх } i$$

Для спрощення розглянемо лише один тип ресурсу – бригади робітників з максимальною кількістю 5 бригад ($R^{\max} = 5$).

1. Розрахунок ранніх термінів (метод критичного шляху):

- Робота 1:

$$S^1 = 0$$

$$F^1 = S^1 + D^1 = 0 + 5 = 5$$

- Робота 2:

$$S^2 = F^1 = 5$$

$$F^2 = S^2 + D^2 = 5 + 7 = 12$$

- Робота 3:

$$S^3 = F^2 = 12$$

$$F^3 = S^3 + D^3 = 12 + 10 = 22$$

- Робота 4:

$$S^4 = F^3 = 22$$

$$F^4 = S^4 + D^4 = 22 + 15 = 37$$

- Робота 5:

$$S^5 = F^4 = 37$$

$$F^5 = S^5 + D^5 = 37 + 7 = 44$$

- Робота 6:

$$S^6 = F^4 = 37$$

$$F^6 = S^6 + D^6 = 37 + 14 = 51$$

- Робота 7:

$$S^7 = F^5 = 44$$

$$F^7 = S^7 + D^7 = 44 + 10 = 54$$

- Робота 8:

$$S^8 = F^3 = 22$$

$$F^8 = S^8 + D^8 = 22 + 12 = 34$$

- Робота 9:

$$S^9 = \text{максимальне значення } \{ F^7, F^8 \} = \text{максимальне значення } \{ 54, 34 \} = 54$$

$$F^9 = S^9 + D^9 = 54 + 5 = 59$$

- Робота 10:

$$S^{10} = \text{максимальне значення } \{ F^6, F^9 \} = \text{максимальне значення } \{ 51, 59 \} = 59$$

$$F^{10} = S^{10} + D^{10} = 59 + 3 = 62$$

2. Визначення критичного шляху:

Критичний шлях:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 10$$

Загальна тривалість проекту:

$$T = F^{10} = 62 \text{ дні}$$

Перевіряємо таблицю використання ресурсів по періодам (табл. 6.3):

Таблиця 6.3 – Використання ресурсів в залежності від періоду

Період (дні)	Роботи, що виконуються	Сумарна кількість бригад
0 – 5	1	$R^1 = 1$
5 – 12	2	$R^2 = 2$
12 – 22	3, 8	$R^3 + R^8 = 2 + 2 = 4$
22 – 34	4, 8	$R^4 + R^8 = 3 + 2 = 5$
34 – 37	4	$R^4 = 3$
37 – 44	4, 5, 6	$R^4 + R^5 + R^6 = 3 + 2 + 3 = 8$
44 – 51	6, 7	$R^6 + R^7 = 3 + 2 = 5$
51 – 54	7	$R^7 = 2$
54 – 59	9	$R^9 = 2$
59 – 62	10	$R^{10} = 1$

Виявлено перевищення ресурсів у періоді 37 – 44 дні (8 бригад > 5 бригад).

Оптимізація розкладу з урахуванням ресурсних обмежень

Крок 1: Перенесення роботи 8 (Інженерні мережі)

Резерв часу для роботи 8:

$$\text{Резерв} = S^9 - F^8 = 54 - 34 = 20 \text{ днів}$$

Переносимо початок роботи 8 на $S^{8'} = 37$:

$$F^{8'} = S^{8'} + D^8 = 37 + 12 = 49$$

Крок 2: Зміна логічних зв'язків між роботами 5 і 6

Якщо можливо виконувати роботи 5 і 6 паралельно після завершення роботи 4, тоді:

- Встановлюємо, що робота 6 залежить лише від роботи 4:

$$F^4 \leq S^6$$

- Роботи 5 і 6 можуть виконуватися одночасно.

Перевірка ресурсного навантаження після оптимізації

У періоді 37 – 44 дні:

- Роботи: 5, 6, 8
- Сумарна кількість бригад:

$$R^5 + R^6 + R^8 = 2 + 3 + 2 = 7$$

Все ще перевищуємо доступні ресурси (7 бригад > 5 бригад).

Крок 3: Залучення субпідрядників

Залучаємо субпідрядників для виконання однієї з робіт (наприклад, роботи 5):

- Ресурсне навантаження на власні бригади зменшується на $R^5 = 2$.
- Нове сумарне навантаження:

$$R^6 + R^8 = 3 + 2 = 5$$

Тепер ресурсне обмеження виконується.

Остаточний розклад

Після застосування оптимізації:

- Загальна тривалість проєкту залишається $T = 62$ дні.
- Ресурсні обмеження дотримані в усі періоди.

Розроблена математична модель дозволяє:

- Виявити перевищення ресурсних обмежень у початковому розкладі.
- Запропонувати заходи для оптимізації розкладу без збільшення тривалості проєкту.
- Прийняти обґрунтовані рішення щодо залучення субпідрядників та зміни послідовності робіт.

Розроблена модель і отримані результати можуть бути застосовані на практиці для покращення планування та управління будівельними проєктами, що особливо актуально в умовах динамічного розвитку будівельної галузі та зростаючих вимог до якості та термінів виконання робіт.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено проєкт будівництва малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу роботи в Харківській області, який охоплює планування будівельних процесів, архітектурне планування, організацію будівництва, конструктивну частину, охорону праці та економічні аспекти. Цей проєкт представляє собою інтегроване інженерно-будівельне завдання. Розробка проєкту включала детальний аналіз та розрахунок послідовності робіт, встановлення оптимального календарного плану, логістику постачання матеріалів, заходи з охорони праці та стратегії економії ресурсів.

2. Визначено ключові параметри оптимізації календарного планування в будівельному виробництві, які спрямовані на поліпшення різних аспектів процесу будівництва. Ключові фактори включають точне планування та ефективне управління розподілом ресурсів, своєчасне виконання критичних робіт та оптимізацію використання робочої сили і техніки. Забезпечення цих параметрів сприяє підвищенню продуктивності будівельного виробництва, зниженню витрат та оптимальному використанню ресурсів.

3. Проведено математичне моделювання для оптимізації процесу календарного планування в будівництві, що становить основу для подальшого розвитку та вдосконалення стратегій управління проектами в цій галузі. Модель включає в себе ретельний аналіз та врахування різних факторів, таких як доступність ресурсів, технологічні обмеження та оптимальна послідовність виконання робіт. Результати моделювання дозволяють ефективно визначати оптимальні шляхи планування, сприяючи економії витрат та своєчасному завершенню проєкту.

4. Результати цього дослідження є основою для подальшого розвитку ефективних та стійких підходів до календарного планування та управління ресурсами у будівельній галузі, що дозволить будівельним організаціям підвищити ефективність управління проектами, скоротивши терміни виконання робіт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

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. ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення Архітектура громадських і промислових будівель / Укл.: Т.Г. Маклакова. – М.: Стройиздат, 1981. – 386с.

11. 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.

12. Проектування залізобетонних конструкцій: Довідник / О.Б. Голишев, В.Я. Бачинський, В.П. Поліщук; Ред. А.Б. Голишева. – К.: Будівельник, 1985. – 496с.

13. 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.

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

15. Технологія будівельного виробництва, Курсове й дипломне проектування / Хамзин С. К., | Карасев А. К. Для будів, спец. внз. — М.: ООО «БАСТЕТ», 2006, 216с., 62с.

16. 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.

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

18. 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).

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

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

21. Організація і планування будівництва / В.М. Майданов, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. – К.: Урожай, 1993. – 384с.
22. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
23. 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.
24. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва, 57с.
25. Головацька С.І. Облік і контроль витрат на виконання робіт в підрядних будівельних організаціях (на матеріалах підрядних будівельних організацій споживчої кооперації): дис. ... кандидата екон. наук: 08.06.04 / Головацька Світлана Іванівна. – Львів, 1998. – 199 с.
26. 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.
27. 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
28. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, 131 с.
29. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», К.: Мінрегіон України, 2016 – 39с.
30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
31. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги, К.: Держбуд України, 2012. – 14с.

32. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», К.: Мінрегіон України, 2018. – 137с.
33. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)», К.: Мінрегіон України, 2012. – 31с.
34. О.Ф. Осипов, Є.В. Літнарів / Технологія влаштування буронабивних паль на складному рельєфі // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, Вип. 39, Технічний, 2019, С. 116-123.
35. Осипов О. Ф. Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками [Текст] / О. Ф. Осипов, Ф. Н. Акимов, І. Т. Гладун // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. – Симферополь: КАПКС, 2008. – Вип. 22. – С. 70-75 (концепція та методика дослідження, узагальнення результатів)
36. Шерешевський І. А. Конструювання промислових будівель та споруд. – М.: «Архітектура-С», 2005.– 186 с
37. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
38. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», К.: Держбуд України, 2012. – 202с.
39. Конспект лекцій з курсу «Безпека праці в будівництві» / Заїченко В. І // 2014 – 97с.
40. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терmini и визначення основних понять», Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, 2014, 13с.
41. Охорона праці в будівництві: підручник / Сухачов О.А. // 2013 – с. 229 – 232.
42. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи: ДБН В.1.2-2:2006.
43. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98-2009. – [Чинні з 01.06.2011 р.]. СПДБ.

Основні вимоги до проектної та робочої документації: ДСТУА.2.4-4-2009. – [Чинний з 24.01.2009 р.]

44. Геодезичні роботи в будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 36с.

45. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків», ДП «УкрНДНЦ», 2016. 110с.

46. Система нормування та стандартизації у будівництві. Основні положення: ДБН А.1.1-1:2009. – [Чинні з 01.01.2011р.].

47. Hartmann, Veronika. (2022). Methoden zur Quantifizierung und Optimierung der Robustheit von Bauablaufplänen. 10.25643/bauhaus-universitaet.4579.

48. Calis, Gokhan & Yıldız, Sadık & Arslan, Yusuf. (2019). Construction project management with multiple calendars.

49. Алтухова Д. В., Тугай О. А. Календарне планування в сучасних умовах //Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2016. – №. 34. – С. 31-39.

50. Гребінчук О. М. Оптимізація ключових параметрів потокового виробництва при оперативно-календарному плануванні на машинобудівному підприємстві //Економіка та держава. – 2010. – №. 5. – С. 50-53.

51. Безугла Г. Є., Чоломбисько Д. В. Застосування методів математичного моделювання для оптимізації навантаження на робітників підприємства //Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – 2021. – С. 25-28.

52. Lu M., Lam H. C. Critical path scheduling under resource calendar constraints //Journal of Construction Engineering and Management. – 2008. – Т. 134. – №. 1. – С. 25-31.

53. Franck B., Neumann K., Schwindt C. Project scheduling with calendars //OR-Spektrum. – 2001. – Т. 23. – С. 325-334.
54. Rokooei, Saeed & Pickavance, Neil & Shojaei, Alireza & Ross, Andrew. (2020). Construction Industry Perspective on Planning and Scheduling Content. 10.3311/CCC2020-043.
55. ConstructionSkills, 2008, 2020 Vision – The Future of UK. A scenario-basedreport, ConstructionSkills
56. Nadim, Wafaa & Goulding, Jack. (2009). Offsite Production in the UK: The Construction Industry and Academia. Architectural Engineering and Design Management. 5. 136-152. 10.3763/aedm.2008.0094.
57. 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.

Додаток А

Локальний кошторис на БМР

Додаток 1
до Настанови (пункт 3.11)

Проект будівництва малоповерхового гуртожитку для працівників вахтового методу роботи в Харківській області
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на

Проект будівництва малоповерхового гуртожитку для
працівників вахтового методу роботи в Харківській області
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: креслення(специфікації)№	Кошторисна вартість	26 466,523	тис. грн.
	Кошторисна трудомісткість	43,83770	тис. люд.-год
	Кошторисна заробітна плата	3 678,027	тис. грн.
	Середній розряд робіт	3,8	розряд

Складений в поточних цінах станом на 16 листопада 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітної плати	експлуа- тації машин	тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	на одиницю	всього
1	КБ1-12-14	Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами 'драглайн' або 'зворотна лопата' з ковшом місткістю 0,5 [0,5-0,63] м3, група ґрунтів 2	1000 м3 ґрунту	0,891	26 718,50	25 445,60	23 806	1 134	22 672	19,5500	17,42
					1 272,90	6 192,25			5 517	62,4750	55,67

2	КБ1-17-14	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,5 [0,5-0,63] м3, група ґрунтів 2	1000 м3 ґрунту	0,1	41 719,10	40 233,33	4 172	144	4 023	22,1000	2,21
					1 438,93	9 205,44			921	91,5654	9,16
3	КБ1-162-2	Розробка ґрунту вручну з кріпленням у траншеях шириною до 2 м, глибиною до 2 м, група ґрунтів 2	100м3 ґрунту	0,8	22 568,11	-	18 054	18 054	-	321,3000	257,04
					22 568,11	-			-	-	-
4	КБ1-27-2	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000 м3 ґрунту	0,891	7 520,20	7 520,20	6 700	-	6 700	-	-
					-	1 578,10			1 406	17,6730	15,75
5	КБ1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2	100 м3 ущільненого ґрунту	8,91	2 685,52	1 372,78	23 928	11 697	12 231	18,3600	163,59
					1 312,74	403,53			3 595	5,1175	45,60
6	КБ8-2-1	Улаштування основи під фундаменти піщаної	1 м3 основи	79,5	1 144,41	93,29	90 981	12 490	7 417	2,3000	182,85
					157,11	27,71			2 203	0,3399	27,02
7	КБ7-1-2	Укладання блоків і плит стрічкових фундаментів при глибині котлована до 4 м, маса конструкцій до 1,5 т	100 шт збірних конструкцій	0,76	577 872,20	24 586,08	439 183	6 753	18 685	119,6300	90,92
					8 886,12	8 301,10			6 309	86,6694	65,87
8	КБ7-1-1	Укладання блоків і плит стрічкових фундаментів при глибині котлована до 4 м, маса конструкцій до 0,5 т	100 шт збірних конструкцій	1,37	404 641,54	17 705,14	554 359	9 503	24 256	94,5400	129,52
					6 936,40	6 038,98			8 273	61,6842	84,51
9	КБ8-3-1	Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна цементна з рідким склом	100 м2 поверхні, що ізолюється	0,73	10 998,01	-	8 029	1 486	-	26,7400	19,52
					2 036,25	-			-	-	-
10	КБ8-5-3	Конструкції з цегли. Мурування стін зовнішніх середньої складності при висоті поверху до 4 м	1 м3 мурування	772,0	6 403,10	133,55	4 943 193	555 207	103 101	9,0100	6 955,72
					719,18	55,39			42 761	0,6120	472,46
11	КБ8-5-7	Конструкції з цегли. Мурування стін внутрішніх при висоті поверху до 4 м	1 м3 мурування	242,0	4 643,81	133,55	1 123 802	155 669	32 319	8,6600	2 095,72
					643,26	55,39			13 404	0,6120	148,10

12	КБ8-5-1	Конструкції з цегли. Мурування стін зовнішніх простих при висоті поверху до 4 м	1 м3 мурування	282,48	4 998,69	133,55	1 412 030	174 143	37 725	8,2000	2 316,34
					616,48	55,39			15 647	0,6120	172,88
13	КБ6-18-9	Улаштування перемичок	100 м3 залізобетону в ділі	3,8	688 675,10	30 952,38	2 616 965	466 414	117 619	1 593,0000	6 053,40
					122 740,65	9 527,39			36 204	106,1401	403,33
14	КБ7-45-6	Укладання панелей перекриття з обпиранням на дві сторони площею до 10 м2 [для будівництва в районах із сейсмічністю до 6 балів]	100 шт збірних конструкцій	1,55	872 949,43	30 425,29	1 353 072	41 082	47 159	332,0500	514,68
					26 504,23	9 928,25			15 389	118,2540	183,29
15	КБ8-13-1	Конструкції з каменів керамічних або силікатних. Мурування перегородок товщиною 120 мм армованих при висоті поверху до 4 м	100 м2 перегородок [з відрахуванням прорізів]	2,98	22 860,41	961,57	68 124	47 387	2 865	194,0900	578,39
					15 901,79	398,78			1 188	4,4064	13,13
16	КБ10-91-6	Улаштування перегородок на дерев'яному каркасі з обшиванням гіпсокартонними листами в один шар з ізоляційною прокладкою у житлових і громадських будівлях, товщина перегородки 100 мм	100 м2 перегородок	0,77	194 118,48	603,91	149 471	16 579	465	286,4000	220,53
					21 531,55	284,47			219	3,1797	2,45
17	КБ7-53-6	Установлення в цегляних і блочних будівлях плит балконів і козирків площею до 5 м2	100 шт збірних конструкцій	0,04	540 753,95	56 489,36	21 630	2 133	2 260	700,3500	28,01
					53 331,65	21 993,52			880	246,8955	9,88
18	КБ7-21-3	Установлення сходових маршів при найбільшій масі монтажних елементів у будівлі до 5 т	100 шт збірних конструкцій	0,08	848 645,33	35 345,67	67 892	2 546	2 828	423,4000	33,87
					31 831,21	13 689,28			1 095	155,1297	12,41
19	КБ11-1-2	Ущільнення ґрунту щебенем	100 м2 площі, що ущільнюється	7,97	6 900,70	354,40	54 999	4 523	2 825	8,0800	64,40
					567,54	91,36			728	1,1053	8,81
20	КБ11-2-9			96,0	3 595,07	4,91	345 127	38 301	471	5,5800	535,68

		Улаштування підстиляючих бетонних шарів	1 м3 підстильного шару		398,97	1,12			108	0,0139	1,33
21	КБ11-11-1	Улаштування стяжок цементних з розчину товщиною 20 мм	100 м2 стяжки	11,32	11 011,34	100,86	124 648	45 528	1 142	56,2500	636,75
22	КБ11-35-1	Улаштування покриттів дощатих товщиною 27 мм	100 м2 покриття	0,38	4 021,88	85,89	28 098	2 256	972	1,0323	11,69
23	КБ11-39-1	Улаштування покриттів з лінолеуму полівінілхлоридного на клеї 'Бустилат'	100 м2 покриття	7,86	73 941,63	157,22	237 870	33 393	60	83,0200	31,55
24	КБ11-28-2	Улаштування покриттів із плиток керамічних багатокольорових	100 м2 покриття	1,38	5 935,93	59,47	50 852	16 441	23	0,6369	0,24
25	КБ12-20-1	Улаштування пароізоляції обклеювальної в один шар	100 м2 поверхні, що ізолюється	6,98	30 263,33	6,51	124 460	13 480	44	0,0666	0,52
26	КБ12-18-3	Утеплення покриттів плитами з мінеральної вати або перліту на бітумній мастиці в один шар	100 м2 покриття, що утеплюється	6,98	36 849,12	143,30	703 254	35 473	198	160,3900	221,34
27	КБ11-11-13	Улаштування стяжок самовирівнювальних з суміші цементної, для недеформівних основ товщиною 5 мм	100 м2 стяжки	6,98	11 913,77	103,70	2 691 796	31 791	143	1,2489	1,72
28	КБ12-2-1	Улаштування покрівель плоских чотиришарових із рулонних покрівельних матеріалів на бітумній мастиці	100 м2 покрівлі	6,98	17 830,92	147,55	1 957 904	16 568	1 030	24,4900	170,94
29	КБ10-20-2	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 2 м2 з металлопластику в кам'яних стінах житлових і громадських будівель	100 м2 прорізів	1,62	1 931,28	45,90	1 256 460	20 150	320	0,4915	3,43
30	КБ10-29-1	Заповнення балконних прорізів у кам'яних стінах житлових і громадських будівель дверними блоками з полотнами спареними, площа прорізу до 3 м2	100 м2 прорізів	0,12	100 752,78	527,02	56 030	1 929	1 202	1,8756	13,09
					385 644,06	21,69			151	63,7000	444,63
					4 554,55	18,47			129	0,2220	1,55
					280 501,98	672,53			4 694	30,1000	210,10
					2 373,69	217,48			1 518	2,3651	16,51
					775 592,84	865,91			1 403	149,5000	242,19
					12 438,40	555,24			899	6,4856	10,51
					466 919,77	7 322,93			879	216,4600	25,98
					16 078,65	2 547,08			306	24,9246	2,99

31	КБ10-26-1	Установлення дверних блоків у зовнішніх і внутрішніх прорізах кам'яних стін, площа прорізу до 3 м2	100 м2 прорізів	1,89	829 407,03	6 914,31	1 567 579	20 339	13 068	139,6700	263,98
					10 761,57	2 404,95			4 545	23,5338	44,48
32	КБ15-36-2	Поліпшене штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю стін вручну	100 м2 поверхні штукатурення	37,06	13 880,24	139,70	514 402	321 205	5 177	101,2400	3 751,95
					8 667,16	106,95			3 964	1,5228	56,43
33	КБ15-55-4	Підготовлення поверхонь зі збірних елементів і плит під фарбування або обклеювання шпалерами стелі зі збірних плит	100 м2 поверхні опорядження	15,98	4 674,17	10,85	74 693	63 432	173	49,1700	785,74
					3 969,49	9,24			148	0,1110	1,77
34	КБ15-152-1	Поліпшене фарбування приміщень клейовими розчинами стін	100 м2 поверхні фарбування	8,59	2 684,86	1,08	23 063	9 204	9	14,0700	120,86
					1 071,43	0,92			8	0,0111	0,10
35	КБ15-152-2	Поліпшене фарбування приміщень клейовими розчинами стель	100 м2 поверхні фарбування	9,29	2 811,36	1,08	26 118	11 213	10	15,8500	147,25
					1 206,98	0,92			9	0,0111	0,10
36	КБ15-151-7	Фарбування приміщень вапняними розчинами стель	100 м2 поверхні фарбування	2,17	733,76	1,08	1 592	1 115	2	6,7500	14,65
					514,01	0,92			2	0,0111	0,02
37	КБ15-23-1	Гладке облицювання плитками керамічними глазурованими стін, стовпів, пілястрів і укосів [без карнизних, плінтусних і кутових плиток] без установлення плиток туалетної гарнітури по цеглі і бетону	100 м2 поверхні облицювання	7,5	67 448,41	53,24	505 863	190 424	399	325,7200	2 442,90
					25 389,87	33,12			248	0,3997	3,00
38	КБ15-171-1	Олійне фарбування металевих поверхонь білилами з додаванням кольору великих поверхонь [крім покрівлі], кількість фарбувань 1	100 м2 поверхні фарбування	5,81	4 927,18	1,08	28 627	6 114	6	13,8200	80,29
					1 052,39	0,92			5	0,0111	0,06
39	КБ15-251-2			22,12	6 604,06	1,08	146 082	70 901	24	41,1200	909,57

40	КБ26-32-1	Обклеювання стін по монолітній штукатурці і бетону, по листових матеріалах, гіпсобетонних і гіпсолітових поверхнях шпалерами тисненими і цупкими	100 м2 поверхні обклеювання і оббивання		3 205,30	0,92			20	0,0111	0,25
		Теплоізоляція стін і колон прямокутних виробами з волокнистих і зернистих матеріалів на бітумі	1 м3 ізоляції	163,0	7 321,00	-	1 193 323	421 877	-	32,0600	5 225,78
41	КБ15-155-2	Фарбування фасадів з риштувань з підготовленням поверхні силікатне	100 м2 фасаду	16,26	2 588,20	-			-	-	-
					4 699,65	6,51	76 416	33 283	106	26,8800	437,07
42	КБ9-29-1	Монтаж сходів прямолінійних і криволінійних, пожежних з огорожею	1 т конструкцій	0,4	2 046,91	5,54			90	0,0666	1,08
					31 812,87	5 182,90	12 725	1 459	2 073	46,2400	18,50
43	КБ27-17-1	Улаштування основи тротуарів із щебенево-піщаної суміші за товщини шару 12 см	100 м2 основи тротуарів	1,19	3 646,49	1 604,90			642	16,0249	6,41
					11 140,23	924,63	13 257	2 107	1 100	25,0000	29,75
					1 771,00	251,22			299	2,7710	3,30
44	КБ11-19-1	Улаштування асфальтобетонних литих покриттів товщиною 25 мм	100 м2 покриття	0,119	38 785,64	-	4 615	430	-	48,1100	5,73
					3 616,91	-			-	-	-
		Разом прямих витрат по кошторису					24 745 244	2 935 357	481 055	37 360,24	
									171 383	1 910,90	
		Разом прямі витрати					грн.	24 745 244			
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів і комплектів					грн.	21 328 832			
		вартість ЕММ					грн.	481 055			
		в т.ч. заробітна плата в ЕММ					грн.		171 383		
		заробітна плата робітників					грн.		2 935 357		
		всього заробітна плата					грн.		3 106 740		
		Загальновиробничі витрати					грн.	1 721 279			
		трудомісткість в загальновиробничих витратах					люд-г			4 566,56	
		заробітна плата в загальновиробничих витратах					грн.		571 287		
		Всього по кошторису					грн.	26 466 523			

	Кошторисна трудомісткість	люд-г	43 837,70
	Кошторисна заробітна плата	грн.	3 678 027

Склала

Кушнір Д.Р.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

Бобраков А.А.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]