

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


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


Кафедра Технології та організації будівельного виробництва


## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

### **РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЗВЕДЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ У ХАРКОВІ**

Виконав: студент 2 курсу, М ПЦБ 2024-1з  
Спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
Освітня програма – Промислове і цивільне будівництво

  
\_\_\_\_\_ Корнієнко О.М.

Керівник   
\_\_\_\_\_ к.ек.н., доц. Савченко О.І.

Рецензент   
\_\_\_\_\_ доц. Братішко С.М.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М.БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ  
ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології та  
організації будівельного виробництва  
д.т.н., проф. Шумаков І.В.  
\_\_\_\_\_”\_\_\_”\_\_\_\_\_2026 року

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**КОРНІЄНКО ОКСАНІ МИКОЛАЇВНІ**

Спеціальність 192 –Будівництво та цивільна інженерія  
Освітня програма – Промислове та цивільне будівництво  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: **Розробка організаційно-технологічних рішень**  
**зведення багатоповерхового будинку у Харкові**

затверджена наказом ректора ХНУМГ від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2026 р. № \_\_\_\_\_

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15 червня 2026 р.

Вихідні дані до магістерської роботи тематика дослідження, архітектурні  
креслення об’єкту, конструктивні рішення об’єкту.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд попередніх досліджень з обраної тематики
2. Дослідження стану монолітного будівництва та використання сучасних  
опалубних систем, що дозволяє підвищити рівень технологічності.
3. Впровадження результатів досліджень шляхом будівництва.










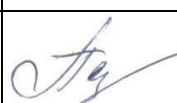




Перелік графічного матеріалу: архітектурно-композиційне рішення об’єкту  
впровадження, конструктивне рішення фундаментів, конструктивне рішення  
несучих конструкцій будівлі, технологічні карти, будгенплан, календарний  
графік будівництва.

Дата видачі завдання “30” березня 2026 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Савченко О.І.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Корнієнко О.М.

## Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		завдання видав	завдання прийняв	
1. Аналітичний огляд стану питання.	доц. Савченко О.І.			
2. Дослідницька частина.	доц. Савченко О.І.			
3. Проектна частина	Архітектурно-конструктивне рішення обраного для впровадження об'єкта будівництва.	доц. Казімагомедов Ф.І.		
	Розрахунок та проектування підземної та надземної частини об'єкта (споруди).	доц. Храпатова І.В.		
		доц. Псурцева Н.О.		
	Технологія і організація будівельного виробництва.	доц. Савченко О.І.		
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	доц. Косенко Н.О.		
4. Нормоконтроль	зав.лаб. Зінов'єва О.М.			

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Аналітичний огляд стану питання.	03.03.26 – 28.03.26	виконано
2.	Дослідницька частина.	01.04.26 – 26.04.26	виконано
3.	Проектна частина	01.05.26 - 08.06.26	виконано
4.	Нормоконтроль	16.06.26 – 20.06.26	виконано

## РЕФЕРАТ

Корнієнко О.М. *Розробка організаційно-технологічних рішень зведення багатопверхового будинку у Харкові.*

Кваліфікаційна робота магістра виконана для здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Промислове і цивільне будівництво».

Науковий керівник роботи – кандидат економічних наук, доцент Савченко О.І. Робота виконана в Навчально-науковому інституті будівництва, землеустрою та цивільної інженерії ХНУМГ імені О.М. Бекетова у 2026 році.

Пояснювальна записка магістерської кваліфікаційної роботи викладена на 148 сторінках друкованого тексту, містить 55 рисунків, 34 таблиці та список використаних джерел із 30 найменувань. Структурно робота складається зі вступу, трьох основних розділів, загальних висновків, додатків та переліку використаної літератури.

У магістерській роботі досліджено питання вдосконалення організаційно-технологічних рішень під час зведення багатопверхових каркасно-монолітних будівель в умовах щільної міської забудови. Основну увагу приділено підвищенню ефективності виконання монолітних робіт, скороченню тривалості будівництва та забезпеченню належної якості бетонних конструкцій за рахунок оптимізації технологічних процесів.

У процесі дослідження виконано аналіз сучасного стану монолітного будівництва в Україні та за кордоном, визначено основні тенденції розвитку галузі, а також виявлено фактори, що впливають на ефективність виконання бетонних і опалубних робіт. Розглянуто сучасні підходи до організації монолітного домобудування, особливості використання індустріальних опалубних систем та технології їх застосування при спорудженні висотних будівель.

У роботі проведено техніко-технологічне порівняння найбільш поширених типів опалубних систем, серед яких досліджено великощитову, балочно-

ригельну та об'ємно-переставну опалубки. Визначено їх конструктивні характеристики, сферу раціонального використання, переваги та недоліки в умовах багатопверхового монолітного будівництва. Особливу увагу приділено опалубній системі типу PERI MULTIFLEX, яка забезпечує високу адаптивність до різних конструктивних схем, дозволяє підвищити швидкість виконання робіт та зменшити витрати матеріально-технічних ресурсів завдяки багаторазовому використанню елементів системи.

На підставі проведених досліджень обґрунтовано вибір оптимальної технологічної схеми бетонування монолітного каркасу будівлі. Розроблено організаційно-технологічну модель виконання будівельно-монтажних робіт з урахуванням інженерно-геологічних, кліматичних та містобудівних умов м. Харкова. Виконано визначення обсягів робіт, проведено розрахунок трудомісткості процесів, тривалості виконання окремих етапів будівництва та необхідної чисельності працівників для забезпечення безперервного виробничого циклу.

Окрему увагу приділено питанням раціонального використання трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів. У роботі розглянуто заходи щодо підвищення енергоефективності будівельного виробництва, удосконалення логістики будівельного майданчика, а також забезпечення безпечних умов праці під час виконання монолітних робіт. Запропоновані організаційно-технологічні рішення спрямовані на зниження витрат часу та матеріалів, покращення якості бетонування і підвищення загальної ефективності будівельного процесу.

**Ключові слова:** монолітне будівництво, каркасно-монолітна будівля, опалубні системи, бетонування, організаційно-технологічні рішення, PERI MULTIFLEX, ефективність будівництва, технологія зведення, організація будівельного виробництва.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ I Аналітичний огляд стану питання.....	11
1.1 Дослідження сучасних тенденцій розвитку монолітного будівництва та організаційно-технологічних рішень.....	11
1.2 Сучасний стан, тенденції розвитку та структурні особливості ринку будівельної опалубки в Україні.....	15
1.3 Удосконалення технології монолітного домобудування шляхом впровадження сучасних опалубних систем.....	19
РОЗДІЛ II Дослідницька частина.....	30
2.1 Удосконалення класифікації сучасних опалубних систем для монолітного будівництва .....	30
2.2 Формування системи критеріїв оцінювання ефективності сучасних опалубних систем .....	41
2.3 Порівняльна оцінка ефективності сучасних опалубних систем для зведення багатоповерхових монолітних будівель .....	45
2.4 Узагальнення результатів дослідження та обґрунтування вибору раціональної опалубної системи .....	52
РОЗДІЛ III Проектна частина.....	54
3.1 Архітектурно-конструктивна характеристика об'єкта проектування...54	
3.2 Проектування та розрахунок підземної частини багатоповерхового житлового будинку.....	68
3.3 Проектування та розрахунок несучих конструкцій надземної частини багатоповерхового житлового будинку.....	77
3.4 Технологічне та організаційне забезпечення зведення багатоповерхового монолітно-каркасного житлового будинку.....	96
3.5.Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	118
ВИСНОВКИ.....	142
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	146

## ВСТУП

**Актуальність теми магістерської роботи.** Сучасний розвиток будівельної галузі України супроводжується активним зростанням урбанізованих територій, підвищенням щільності забудови та збільшенням потреби у сучасному житлі й об'єктах громадського призначення. У великих містах, зокрема у Харкові, спостерігається необхідність будівництва багатоповерхових будинків із підвищеними вимогами до надійності, енергоефективності, архітектурної виразності та економічної доцільності. За таких умов особливого значення набуває вдосконалення організаційно-технологічних рішень, спрямованих на забезпечення ефективного, безпечного та раціонального виконання будівельно-монтажних робіт.

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасного будівництва є застосування каркасно-монолітної технології, яка дозволяє реалізовувати складні об'ємно-планувальні рішення, забезпечувати високу просторову жорсткість будівель та скорочувати тривалість будівництва. Використання монолітного залізобетону забезпечує значну гнучкість у проектуванні, підвищує експлуатаційну надійність споруд і дозволяє адаптувати будівлі до сучасних архітектурних та містобудівних вимог.

Сьогодні монолітне домобудування широко використовується при спорудженні житлових, адміністративних, громадських та промислових об'єктів як в Україні, так і в зарубіжній практиці. Особливо актуальним є впровадження сучасних технологій у містах із щільною забудовою та обмеженими умовами будівельного майданчика, де ефективність організації робіт безпосередньо впливає на терміни реалізації проекту, економічні показники та безпеку будівництва.

Основними перевагами каркасно-монолітного будівництва є:

- можливість зведення будівель різної поверховості та складності конфігурації;
- зниження матеріаломісткості конструкцій за рахунок оптимізації перерізів елементів;

- скорочення строків будівництва завдяки потоковій організації робіт;
- підвищення просторової жорсткості та довговічності будівель;
- покращення тепло- та звукоізоляційних характеристик конструкцій;
- можливість застосування сучасних механізованих технологій і індустріальних опалубних систем;
- зменшення витрат на транспортування та монтаж збірних конструкцій.

Разом із тим ефективність зведення багатоповерхових монолітних будівель значною мірою залежить від правильного вибору організаційно-технологічних рішень. Особливого значення набувають питання раціонального використання будівельних машин і механізмів, оптимізації технології бетонування, організації роботи баштових кранів, забезпечення безперервності виробничих процесів та ефективного використання трудових ресурсів.

Одним із найбільш відповідальних етапів монолітного будівництва є виконання опалубних, арматурних та бетонних робіт. Від якості організації цих процесів залежить не лише міцність і надійність конструкцій, а й загальна тривалість будівництва та економічна ефективність реалізації проєкту. Сучасні опалубні системи дозволяють значно підвищити продуктивність праці, скоротити витрати матеріалів і забезпечити необхідну точність геометричних параметрів конструкцій.

У сучасних умовах будівництва важливого значення також набувають питання енергозбереження, раціонального використання ресурсів, охорони праці та екологічної безпеки. Застосування ефективних організаційно-технологічних рішень дозволяє мінімізувати втрати часу, зменшити негативний вплив будівництва на навколишнє середовище та підвищити загальний рівень технологічності будівельного виробництва.

**Актуальність теми магістерської роботи** обумовлена необхідністю вдосконалення організаційно-технологічних рішень під час зведення багатоповерхових будинків у складних умовах міської забудови Харкова, а також потребою підвищення ефективності будівельного виробництва шляхом

застосування сучасних технологій, механізмів та методів організації робіт.

**Метою магістерської роботи** є розробка ефективних організаційно-технологічних рішень зведення багатоповерхового будинку у Харкові з урахуванням сучасних вимог до технології будівництва, організації будівельного виробництва, економічної ефективності та безпеки праці.

**Об'єктом дослідження** є процес зведення багатоповерхового житлового будинку каркасно-монолітного типу в умовах міської забудови.

**Предметом дослідження** є організаційно-технологічні рішення, що забезпечують ефективне виконання будівельно-монтажних робіт при зведенні багатоповерхового будинку.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі основні завдання:

- проаналізувати сучасний стан та тенденції розвитку монолітного будівництва;
- дослідити особливості організації будівництва багатоповерхових будинків у міських умовах;
- обґрунтувати вибір технології виконання основних будівельно-монтажних робіт;
- визначити раціональні параметри організації будівельного майданчика;
- виконати розрахунок обсягів робіт, трудомісткості та тривалості будівництва;
- розробити календарний графік виконання робіт;
- обґрунтувати вибір будівельних машин, механізмів та опалубних систем;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки виконання будівельних процесів;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема системний аналіз, порівняльний аналіз, організаційно-технологічне моделювання, методи техніко-економічного оцінювання та аналітичні методи обробки результатів дослідження.

**Наукова новизна** роботи полягає у вдосконаленні організаційно-технологічних підходів до зведення багатоповерхових каркасно-монолітних будинків в умовах щільної міської забудови з урахуванням сучасних технологічних та економічних вимог.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у можливості використання розроблених організаційно-технологічних рішень під час проєктування та будівництва багатоповерхових житлових будинків. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення продуктивності праці, скорочення тривалості будівництва, покращення якості будівельно-монтажних робіт та забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику.

## РОЗДІЛ І

### Аналітичний огляд стану питання

#### 1.1 Дослідження сучасних тенденцій розвитку монолітного будівництва та організаційно-технологічних рішень

Сучасний розвиток будівельної галузі України характеризується активним впровадженням інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності, економічності та надійності будівництва. В умовах урбанізації та зростання щільності забудови особливого значення набувають технології монолітного та каркасно-монолітного будівництва, які дозволяють забезпечити високі темпи виконання робіт, архітектурну виразність споруд та ефективне використання міських територій.

Монолітне будівництво сьогодні є одним із найбільш перспективних напрямів сучасної будівельної індустрії. Його застосування дозволяє реалізовувати складні архітектурно-планувальні рішення, забезпечувати високу просторову жорсткість будівель, підвищувати довговічність конструкцій та скорочувати строки будівництва.

Особливого поширення монолітне будівництво набуло при спорудженні багатоповерхових житлових і громадських будівель. Використання монолітного залізобетону дозволяє значно зменшити кількість монтажних стиків, підвищити сейсмостійкість споруд та оптимізувати конструктивні рішення.

У світовій практиці спостерігається стійке зростання частки монолітного будівництва. Найбільш активно монолітні технології застосовуються в країнах із високим рівнем урбанізації та значними темпами розвитку інфраструктури. До таких країн належать Ізраїль, Туреччина, Японія, Франція, Китай та США.

Основними причинами зростання популярності монолітного будівництва є:

– скорочення строків будівництва;

- підвищення якості бетонних конструкцій;
- можливість зведення будівель складної конфігурації;
- зниження трудомісткості монтажних робіт;
- підвищення енергоефективності будівель;
- можливість широкого використання сучасних опалубних систем.

Важливим фактором розвитку монолітного будівництва є впровадження сучасних індустріальних опалубних систем, які дозволяють прискорити процес бетонування та підвищити точність геометричних параметрів конструкцій. Найбільшого поширення набули системи PERI, DOKA, ULMA, NOE та MEVA.

Таблиця 1.1.1 – Рівень застосування монолітного будівництва у різних країнах світу

Країна	Частка монолітного будівництва, %
Ізраїль	95.0
Туреччина	89.4
США	72.6
Японія	71.9
Франція	70.7
Україна	60.0
Польща	56.0

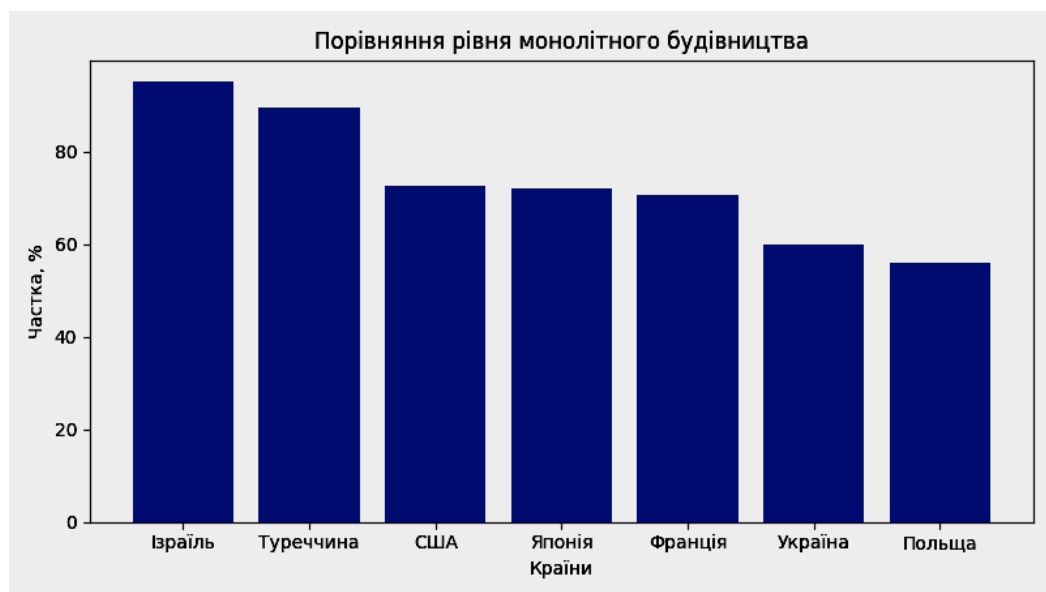


Рисунок 1.1.1 – Порівняльна характеристика рівня використання монолітного будівництва

Проведений аналіз показує, що найвищі показники застосування монолітного будівництва спостерігаються в Ізраїлі та Туреччині. Це пов'язано з активним розвитком житлового будівництва, високою щільністю забудови та необхідністю забезпечення сейсмостійкості споруд.

В Україні частка монолітного будівництва також демонструє тенденцію до зростання. Особливо активно каркасно-монолітні технології використовуються у великих містах – Києві, Харкові, Львові, Дніпрі та Одесі. Основною причиною цього є необхідність швидкого зведення сучасних житлових комплексів із високими експлуатаційними характеристиками.

Суттєвий вплив на розвиток монолітного будівництва має вдосконалення технології бетонування. Використання сучасних бетонних сумішей із хімічними добавками дозволяє підвищити міцність конструкцій, скоротити строки тверднення бетону та забезпечити можливість виконання робіт у зимовий період.

Важливим напрямом розвитку галузі є цифровізація будівництва. Застосування BIM-технологій, автоматизованого контролю якості та сучасних програмних комплексів дозволяє оптимізувати організацію будівельного виробництва та підвищити ефективність управління проектами.

Основними перевагами монолітного будівництва є:

- 1) висока просторово-конструктивна жорсткість будівель;
- 2) можливість реалізації складних архітектурних рішень;
- 3) скорочення строків будівництва;
- 4) підвищення довговічності конструкцій;
- 5) зниження маси будівель у порівнянні зі збірними аналогами;
- 6) зменшення кількості монтажних стиків;
- 7) ефективне використання будівельних матеріалів;
- 8) можливість виконання робіт у складних містобудівних умовах.

Разом із перевагами монолітне будівництво має і певні недоліки, серед яких висока залежність від погодних умов, необхідність використання спеціалізованої техніки та підвищені вимоги до організації бетонних робіт.

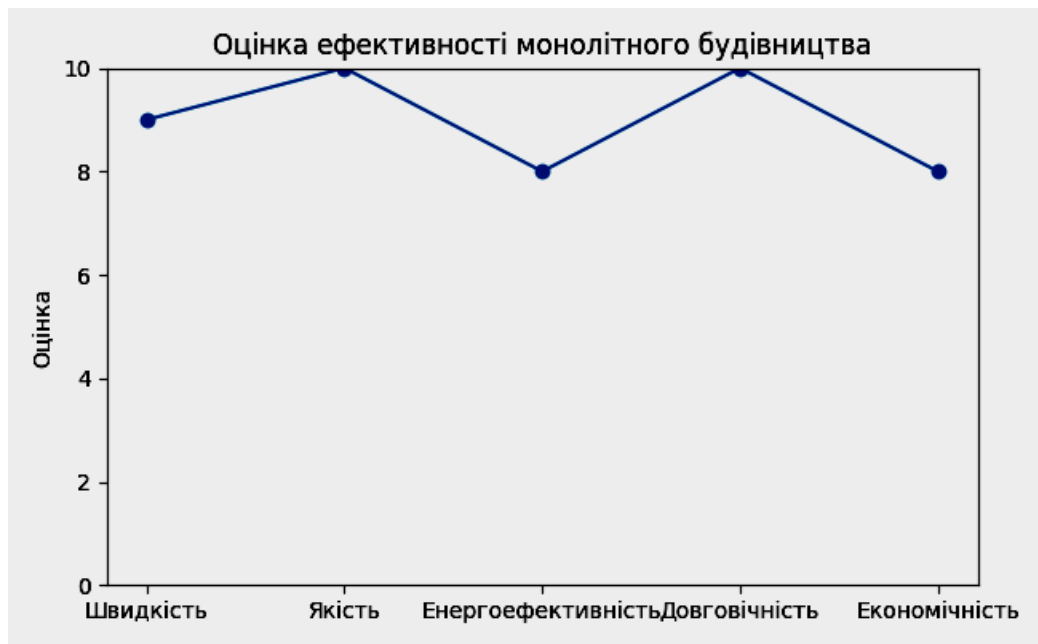


Рисунок 1.1.2 – Оцінка ефективності монолітного будівництва за основними критеріями

Монолітне будівництво є одним із найбільш перспективних напрямів сучасної будівельної індустрії. Використання каркасно-монолітних технологій забезпечує високу ефективність будівельного виробництва, скорочення строків виконання робіт та підвищення якості будівельної продукції.

Для умов сучасної міської забудови Харкова застосування монолітного будівництва є найбільш доцільним, оскільки дозволяє ефективно використовувати обмежені територіальні ресурси, забезпечувати високу поверховість будівель та реалізовувати сучасні архітектурно-планувальні рішення.

Подальший розвиток монолітного будівництва пов'язаний із впровадженням цифрових технологій, автоматизацією будівельних процесів, використанням енергоефективних матеріалів та удосконаленням організаційно-технологічних рішень.

## **1.2 Сучасний стан, тенденції розвитку та структурні особливості ринку будівельної опалубки в Україні**

Сучасний розвиток монолітного та каркасно-монолітного будівництва в Україні безпосередньо пов'язаний із розширенням ринку будівельної опалубки, яка є одним із ключових елементів технологічного забезпечення процесу бетонування. Активне впровадження монолітних технологій у житловому, громадському та промисловому будівництві сприяло формуванню окремого високотехнологічного сегмента будівельного ринку, що включає виробництво, продаж, оренду та сервісне обслуговування опалубних систем.

Протягом останніх років будівельна галузь України демонструє стійку тенденцію до збільшення обсягів монолітного будівництва, особливо у великих містах та регіонах із високим рівнем урбанізації. У структурі сучасного житлового будівництва значна частина багатопверхових об'єктів споруджується із застосуванням каркасно-монолітної технології. Це пояснюється високою швидкістю виконання робіт, можливістю реалізації складних архітектурно-планувальних рішень та ефективністю використання міських територій.

За статистичними даними та результатами галузевих досліджень, найбільші обсяги монолітного будівництва в Україні спостерігаються у місті Києві, Харківській, Дніпропетровській, Львівській та Одеській областях. Саме в цих регіонах зосереджена основна кількість сучасних житлових комплексів, бізнес-центрів та громадських споруд, при зведенні яких використовуються індустріальні опалубні системи.

На початковому етапі розвитку українського ринку будівельної опалубки переважали імпортні системи європейського виробництва. Основною причиною цього була відсутність достатньої виробничої бази в Україні та високий рівень технологічності зарубіжної продукції. Найбільшого поширення набули опалубні системи компаній PERI, Doka, Meva, ULMA, NOE та Hünnebeck, які забезпечували високу точність бетонування,

надійність конструкцій та можливість багаторазового використання елементів.

Проте поступово національні виробники почали активно освоювати ринок, адаптуючи конструктивні рішення до умов українського будівництва та знижуючи собівартість продукції. У результаті цього в Україні сформувався конкурентний ринок опалубних систем, у межах якого функціонують як великі виробничі підприємства, так і спеціалізовані сервісні компанії.

Серед основних українських виробників опалубки слід відзначити:

- АТ «Павлоградспецмаш», яке спеціалізується на виготовленні великощитових та стійко-рамних систем;
- ТМ «Будмайстер», що активно розвиває виробництво універсальної опалубки для житлового та промислового будівництва;
- ТОВ «ГИПРО-М», яке займається виробництвом горизонтальних і стельових систем;
- компанію «Індастрі», що впроваджує модульні конструкції та сучасні легкі матеріали.

Аналіз структури українського ринку опалубки свідчить про поступове збільшення частки вітчизняної продукції. Якщо на початку 2010-х років основний обсяг реалізації припадав на імпортні системи, то сьогодні українські виробники забезпечують близько 65–75 % загального ринку. Це пояснюється підвищенням якості національної продукції, адаптацією конструкцій до потреб українських підрядних організацій та зростанням вартості імпортного обладнання.

Структурно ринок будівельної опалубки України можна поділити на декілька основних сегментів:

- продаж нових опалубних систем;
- оренда опалубки;
- продаж уживаних систем;
- сервісне обслуговування та ремонт;

– інженерний супровід проєктів.

Найбільш динамічно розвивається сегмент оренди опалубки. Це пов'язано з тим, що значна кількість будівельних компаній не має економічної доцільності придбання дорогих систем для одноразових або короткострокових проєктів. Оренда дозволяє суттєво скоротити початкові інвестиції та оптимізувати витрати на будівельне виробництво.

Важливою тенденцією сучасного ринку є поява комплексних сервісних компаній, які надають повний цикл послуг:

- розроблення проєкту опалубки;
- транспортування обладнання;
- монтаж і демонтаж систем;
- технічний супровід;
- очищення, ремонт та зберігання елементів.

Такий підхід дозволяє будівельним організаціям скорочувати тривалість виконання робіт, підвищувати ефективність використання ресурсів та зменшувати витрати на експлуатацію обладнання.

Суттєвий вплив на розвиток ринку опалубки мають сучасні тенденції цифровізації будівництва. Використання BIM-технологій та автоматизованих систем проєктування дозволяє більш точно визначати параметри опалубних конструкцій, оптимізувати процес бетонування та мінімізувати втрати матеріалів. Сучасні програмні комплекси дають можливість виконувати моделювання навантажень, прогнозувати строки виконання робіт та підвищувати рівень організації будівельного виробництва.

Окремої уваги заслуговує питання використання сучасних матеріалів у виробництві опалубки. Поряд із традиційними сталевими системами дедалі ширше застосовуються алюмінієві конструкції, композитні елементи та вологостійка ламінована фанера. Використання легких матеріалів дозволяє зменшити масу систем, скоротити трудомісткість монтажу та підвищити мобільність обладнання.

Серед основних тенденцій розвитку українського ринку будівельної

опалубки слід виділити:

- зростання попиту на каркасно-монолітне будівництво;
- збільшення частки вітчизняних виробників;
- розвиток сегмента оренди та сервісного обслуговування;
- впровадження цифрових технологій проектування;
- використання енергоефективних і легких матеріалів;
- підвищення вимог до безпеки та надійності опалубних систем;
- інтеграцію українського ринку до європейських технологічних стандартів.

Разом із позитивними тенденціями ринок опалубки стикається з низкою проблем. До основних із них належать:

- нестабільність економічної ситуації;
- коливання вартості металу та імпортованих комплектуючих;
- високий рівень конкуренції;
- залежність від темпів житлового будівництва;
- недостатній рівень автоматизації окремих виробництв.

Незважаючи на це, український ринок будівельної опалубки демонструє стабільний розвиток та поступове підвищення рівня технологічності. Сучасні опалубні системи стали невід'ємною складовою ефективного монолітного будівництва та забезпечують скорочення строків зведення будівель, підвищення якості бетонних конструкцій і зниження трудомісткості будівельних процесів.

Для умов сучасного будівництва багатоповерхових будинків у Харкові застосування індустріальних опалубних систем є особливо актуальним. Висока щільність забудови, необхідність скорочення строків реалізації проєктів та підвищені вимоги до якості будівельно-монтажних робіт потребують використання сучасних організаційно-технологічних рішень, що базуються на ефективному використанні опалубних систем нового покоління.

Отже, як бачимо, ринок будівельної опалубки України перебуває на етапі активної модернізації та структурної трансформації. Поєднання розвитку

національного виробництва, впровадження сучасних технологій та інтеграції європейських стандартів створює передумови для подальшого зростання ефективності монолітного будівництва та формування конкурентоспроможної будівельної індустрії.

### **1.3 Удосконалення технології монолітного домобудування шляхом впровадження сучасних опалубних систем**

Сучасне монолітне домобудування характеризується постійним удосконаленням технологічних процесів, спрямованих на скорочення тривалості будівництва, зниження трудомісткості та підвищення якості монолітних конструкцій. Одним із ключових елементів, що визначає ефективність бетонних робіт, є опалубна система. Саме від типу опалубки, її конструктивних характеристик, матеріалів виготовлення та технології монтажу залежить швидкість виконання робіт, точність геометричних параметрів і рівень економічної ефективності будівництва.

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі опалубні системи перетворилися із допоміжного елемента на високотехнологічну складову будівельного виробництва. Використання індустріальних модульних систем дозволяє забезпечити високий рівень механізації процесів, скоротити строки бетонування та підвищити безпечність виконання робіт.

#### **1.3.1 Сучасні типи опалубних систем та особливості їх застосування**

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі найбільшого поширення набули великощитові, дрібнощитні, тунельні, рамні та балково-ригельні системи. Їх використання дозволяє забезпечити високий рівень механізації будівельних процесів та підвищити якість бетонних поверхонь.

##### *Великощитова опалубка*

Великощитова опалубка є однією з найбільш поширених систем у сучасному монолітному будівництві. Вона застосовується при зведенні багатоповерхових житлових і громадських будівель, де необхідне швидке бетонування вертикальних конструкцій великої площі.

Конструкція системи складається з великорозмірних сталевих або алюмінієвих щитів, кріпильних елементів, замків, підкосів і робочих майданчиків. Основною перевагою великощитової опалубки є можливість формування значних площ бетонування за один технологічний цикл.

Серед найбільш відомих систем цього типу слід виділити PERI TRIO, DOKA FRAMAX та MEVA MAMMUT. Вони характеризуються високою жорсткістю, точністю геометрії та значним ресурсом оборотності.



DOKA FRAMAX

PERI TRIO

MEVA MAMMUT

Рисунок 1.3.1.1- Найбільш відомі типи великощитової опалубки

Основними перевагами великощитової опалубки є:

- висока швидкість монтажу;
- зменшення кількості стиків;
- можливість багаторазового використання;
- висока якість поверхні бетону;
- ефективність при висотному будівництві.

До недоліків належать значна маса елементів та необхідність використання вантажопідіймальної техніки.

#### *Дрібнощитова опалубка*

Дрібнощитова опалубка використовується переважно при реконструкції будівель, малоповерховому будівництві та зведенні конструкцій складної конфігурації. Основною особливістю системи є невеликі розміри щитів, що дозволяє виконувати монтаж вручну без використання кранів.

Конструкція системи включає щити невеликого формату, стяжні елементи, замки та допоміжні кріплення. Найбільш відомими системами цього типу є PERI DOMINO та PASCHAL.

Перевагами дрібнощитної опалубки є:

- мобільність;
- простота транспортування;
- можливість використання в обмежених умовах;
- невелика маса елементів.

Разом із тим така система має підвищену трудомісткість монтажу та меншу швидкість бетонування порівняно з великощитовими системами.

#### *Балково-ригельна опалубка*

Балково-ригельні системи застосовуються при спорудженні об'єктів складної архітектурної форми, мостових споруд, резервуарів та нестандартних конструкцій. Система складається з дерев'яних або металевих балок, ригелів і палуби.

Головною перевагою такої опалубки є універсальність та можливість адаптації до конструкцій будь-якої форми. Саме тому балково-ригельні системи широко використовуються при будівництві унікальних архітектурних об'єктів.

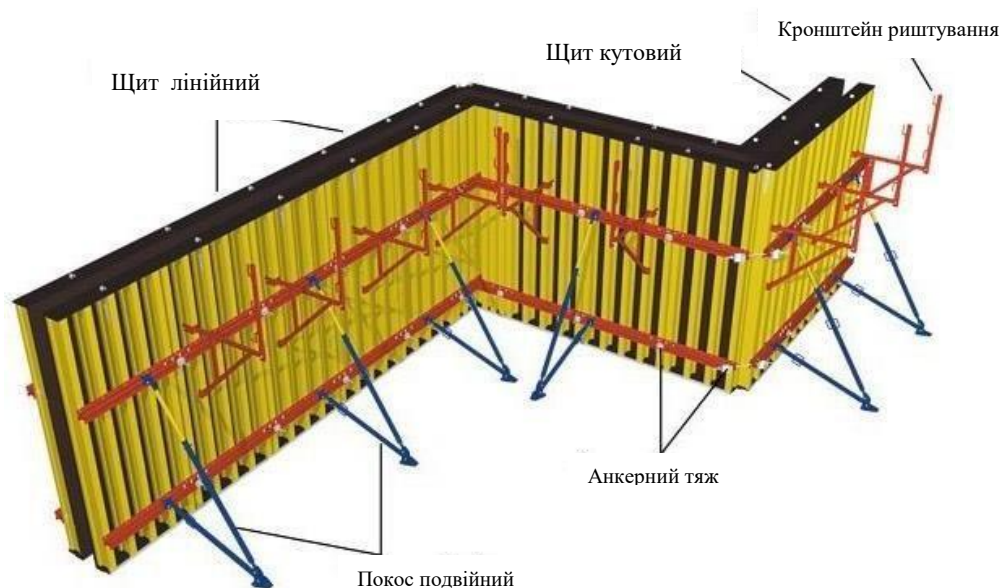


Рисунок 1.3.1.2 - Балково-ригельна опалубка

Перевагами системи є:

- універсальність застосування;
- можливість формування криволінійних поверхонь;
- економічність при нестандартних рішеннях;
- висока ремонтпридатність.

Недоліком є підвищена трудомісткість монтажу та необхідність високої кваліфікації робітників.

#### *Тунельна опалубка*

Тунельна опалубка є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку монолітного домобудування. Вона дозволяє одночасно бетонувати стіни та перекриття, формуючи просторову монолітну конструкцію.

Система широко застосовується при серійному будівництві житлових комплексів, гуртожитків та готельних споруд із повторюваними планувальними рішеннями.



MESA IMALAT

OUTINOOR

Рисунок 1.3.1.3 – Приклади тунельної опалубки

Основними перевагами тунельної опалубки є:

- висока швидкість виконання робіт;
- скорочення тривалості бетонування;
- мінімальна кількість швів;
- підвищення просторової жорсткості будівель;
- можливість потокового будівництва.

До недоліків системи належать висока вартість та обмежена ефективність при індивідуальних архітектурних рішеннях.

#### *Опалубні системи для перекриттів*

Для бетонування перекриттів у сучасному монолітному будівництві використовуються системи на телескопічних стійках, об'ємних стійках, просторових лісах та рамних конструкціях.

Опалубка на телескопічних стійках є найбільш економічним рішенням для житлового будівництва. Водночас для висотних будівель більш ефективними є об'ємні та рамні системи, які забезпечують підвищену жорсткість та стійкість конструкції.

Системи на просторових опорних лісах широко використовуються при спорудженні мостів, естакад та великопролітних перекриттів.

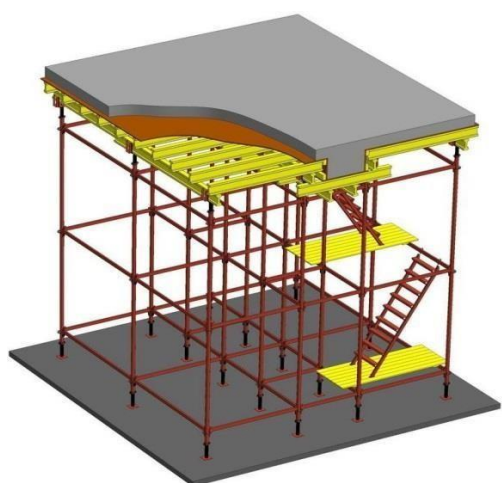


Рисунок 1.3.1.3 - Опалубки перекриттів на телескопічних та об'ємних стійках

Важливим напрямом розвитку сучасних технологій монолітного будівництва є використання високонавантажених систем опалубки перекриттів, що забезпечують можливість бетонування великопролітних, масивних та висотних конструкцій. Для таких умов будівництва найбільш ефективними є системи опалубки на опорних лісах та рамні опалубні конструкції, які характеризуються підвищеною жорсткістю, стійкістю та несучою здатністю.

Опалубка перекриттів на опорних лісах є конструктивно вдосконаленим різновидом об'ємних систем. На відміну від традиційних телескопічних або об'ємних стійок, у таких конструкціях використовуються просторові рамні або клинові опорні ліси, які формують жорсткий несучий каркас. Це дозволяє сприймати значні вертикальні та горизонтальні навантаження, що виникають під час бетонування масивних перекриттів або великопролітних конструкцій.

Системи опалубки на опорних лісах широко застосовуються при:

- будівництві мостів та естакад;
- спорудженні енергетичних об'єктів;
- бетонуванні перекриттів великої товщини;
- зведенні висотних житлових та громадських будівель;
- будівництві промислових споруд із підвищеними навантаженнями.

Найбільш відомими системами такого типу є сталеві просторові ліси ALLROUND та LAYHER, які забезпечують можливість створення каркасів будь-якої конфігурації. Конструкція системи складається з вертикальних стійок, горизонтальних ригелів, діагональних зв'язків та вузлів жорсткого з'єднання, що формують просторову модульну структуру.

Головною особливістю опорних лісів є можливість адаптації системи до складних умов будівництва та різних геометричних параметрів споруди. Використання клинових або замкових з'єднань забезпечує високу жорсткість каркаса навіть при значних горизонтальних навантаженнях.

Основними перевагами опалубки на опорних лісах є:

- підвищена стабільність і надійність конструкції;

- можливість бетонування конструкцій на значній висоті;
- висока несуча здатність системи;
- універсальність застосування;
- можливість створення складних просторових форм;
- підвищений рівень безпеки виконання робіт;
- стійкість до динамічних і вітрових навантажень.

Особливо важливим є те, що такі системи дозволяють безпечно виконувати бетонування на висоті понад 40–50 м, забезпечуючи необхідну жорсткість конструкції та мінімізуючи ризик деформацій.

Разом із перевагами опалубка на опорних лісах має і певні недоліки:

- підвищену металоємність;
- значну вартість конструкцій;
- необхідність використання кваліфікованого персоналу;
- збільшення часу монтажу при складних конфігураціях споруди.

Незважаючи на це, опалубка на опорних лісах залишається одним із найбільш ефективних рішень для складних інженерних об'єктів та висотного монолітного будівництва.



Рисунок 1.3.1.4 – Приклад опалубки перекриттів на опорних лісах

Окремим різновидом сучасних систем є рамна опалубка перекриттів, яка поєднує переваги просторових опорних систем та традиційних модульних

конструкцій. Рамна система складається з вертикальних рамних елементів, з'єднаних між собою горизонтальними та діагональними зв'язками, що формують просторову комірчасту структуру.

Головною особливістю рамної опалубки є висока жорсткість конструкції та можливість використання при бетонуванні перекриттів значної висоти. Сучасні рамні системи дозволяють виконувати роботи на висоті до 60 м, що робить їх особливо ефективними при будівництві багатоповерхових житлових, адміністративних та промислових будівель.

За матеріалом виготовлення рамні системи поділяються на:

- алюмінієві;
- сталеві.

Алюмінієві рамні системи характеризуються невеликою масою, високою мобільністю та стійкістю до корозії. Вони швидко монтуються та демонтуються, що дозволяє скоротити тривалість будівельного циклу. Такі конструкції особливо ефективні при будівництві житлових та громадських споруд.

Сталеві рамні системи мають підвищену міцність та довговічність. Вони здатні витримувати значні навантаження та використовуються при спорудженні промислових об'єктів, мостових конструкцій та висотних будівель із великою товщиною перекриттів.

Основними перевагами рамної опалубки є:

- висока точність складання;
- швидкий монтаж і демонтаж;
- значна несуча здатність;
- універсальність використання;
- підвищена стійкість конструкції;
- можливість багаторазового використання елементів.

Рамні системи забезпечують скорочення строків бетонування та підвищення продуктивності праці. Завдяки модульності конструкцій вони можуть адаптуватися до різних архітектурно-планувальних рішень та умов

будівництва.

До недоліків рамної опалубки належать:

- значна вартість окремих систем;
- потреба у спеціалізованій техніці при монтажі;
- підвищені вимоги до організації будівельного майданчика.

У сучасному монолітному будівництві рамні системи активно застосовуються під час спорудження багатоповерхових житлових комплексів, торговельно-офісних центрів та інженерних споруд підвищеної складності.



Рисунок 1.3.1.5 – Приклад рамної опалубки перекриттів

Порівняльний аналіз систем опалубки на опорних лісах і рамних конструкцій свідчить, що обидва типи систем є високоефективними для висотного монолітного будівництва. Водночас опорні ліси забезпечують більшу універсальність і несучу здатність, тоді як рамні системи характеризуються більшою швидкістю монтажу та мобільністю.

Використання сучасних систем опалубки перекриттів на опорних лісах та рамних конструкціях дозволяє підвищити ефективність монолітного будівництва, забезпечити безпечне виконання робіт на значній висоті та скоротити тривалість реалізації будівельних проєктів.

### 1.3.2 Перспективи розвитку та модернізації опалубних систем

Подальший розвиток технології монолітного будівництва пов'язаний із модернізацією опалубних систем та впровадженням цифрових технологій проєктування. Сучасні тенденції передбачають використання легких алюмінієвих конструкцій, композитних матеріалів та універсальних модульних елементів.

Особливого значення набуває BIM-моделювання, яке дозволяє автоматизувати процес підбору опалубки, оптимізувати витрати матеріалів та підвищити точність проєктних рішень.

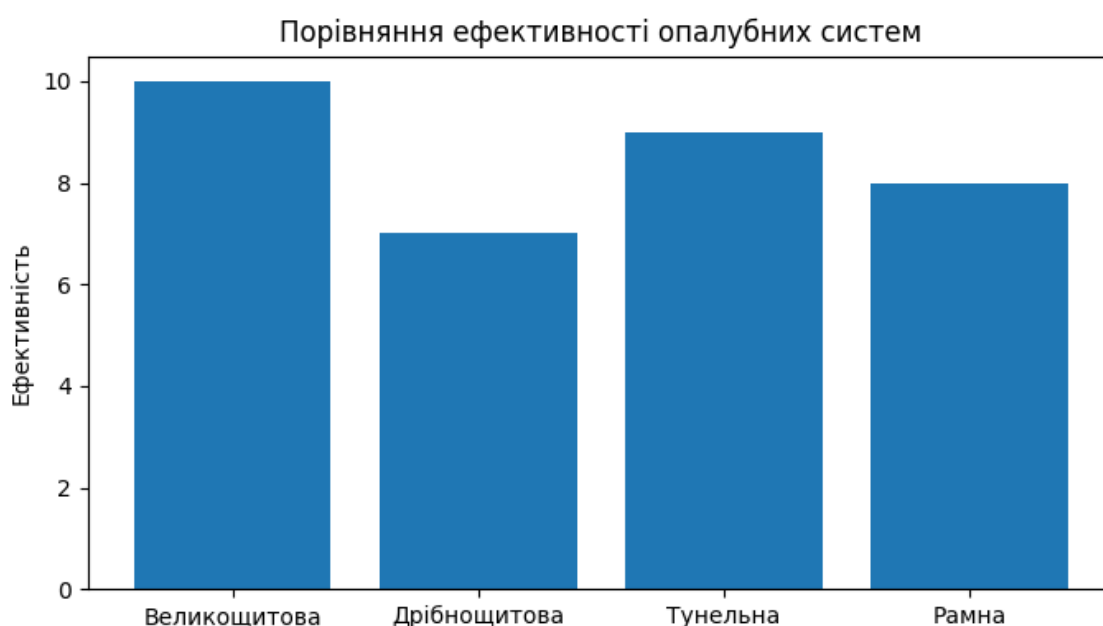


Рисунок 1.3.2.1 – Порівняльна ефективність сучасних опалубних систем За 10 бальною шкалою

Таблиця 1.3.2.1 – Порівняльна характеристика сучасних опалубних систем

Тип системи	Основні переваги	Недоліки	Сфера застосування
Великощитова	Швидке бетонування	Велика маса	Висотні будівлі
Дрібнощитова	Мобільність	Висока трудомісткість	Реконструкція
Балково-ригельна	Універсальність	Складний монтаж	Складні форми
Тунельна	Швидкість циклу	Висока вартість	Серійне будівництво

Проведений аналіз сучасних опалубних систем свідчить, що їх розвиток є одним із ключових напрямів удосконалення технології монолітного домобудування. Використання великощитових, дрібнощитних, балково-ригельних, тунельних та рамних систем дозволяє підвищити рівень механізації будівельних процесів, скоротити тривалість бетонування та забезпечити високу якість монолітних конструкцій. Системи PERI, DOKA та MEVA характеризуються високою якістю виготовлення, значним ресурсом оборотності та високим рівнем інженерного супроводу. Водночас вітчизняні системи мають нижчу вартість та адаптовані до умов українського будівництва

Встановлено, що найбільш ефективними для зведення багатоповерхових будівель є універсальні модульні системи, які характеризуються високою оборотністю елементів, точністю складання та можливістю багаторазового використання. Особливу ефективність у сучасному будівництві демонструють великощитові та тунельні опалубні системи, які забезпечують значне скорочення строків виконання робіт і підвищення продуктивності праці.

Для умов будівництва багатоповерхового житлового будинку у Харкові найбільш доцільним є застосування великощитових або рамних систем, які забезпечують високий рівень механізації, точність бетонування та скорочення трудових витрат.

Використання опалубки переkritтів на об'ємних стійках, опорних лісах і рамних конструкціях дозволяє виконувати бетонування великопролітних та висотних споруд із забезпеченням необхідної жорсткості й безпечності конструкцій. Водночас застосування сучасних цифрових технологій проєктування та BIM-моделювання сприяє оптимізації вибору опалубних систем і підвищенню ефективності організації будівельного виробництва.

Раціональний вибір сучасної опалубної системи є одним із визначальних факторів забезпечення технологічної, економічної та експлуатаційної ефективності монолітного будівництва багатоповерхових будівель.

## РОЗДІЛ II

### ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

#### **2.1 Удосконалення класифікації сучасних опалубних систем для монолітного будівництва**

У дослідницькій частині магістерської роботи класифікація опалубних систем розглядається не як довідкова таблиця, а як вихідна методична основа для подальшого оцінювання їх технологічної та економічної ефективності. Це обумовлено тим, що правильне групування опалубок за конструктивними, функціональними, експлуатаційними та організаційними ознаками дає змогу обґрунтовано порівнювати різні системи між собою та визначати раціональний варіант для конкретного об'єкта будівництва.

Для зведення багатоповерхового будинку у Харкові особливого значення набуває вибір такої опалубної системи, яка забезпечує високу швидкість монтажу, достатню оборотність елементів, точність геометрії монолітних конструкцій і безпечність виконання робіт. У зв'язку з цим класифікація повинна враховувати не лише традиційні ознаки, але й сучасні вимоги до індустріальності, модульності, сумісності з цифровим проектуванням, маркуванням та екологічною безпекою.

Аналіз матеріалів попереднього розділу показав, що сучасний ринок опалубних систем істотно змінився. Поряд із традиційною дерев'яною та металевою опалубкою широко застосовуються великощитові, дрібнощитні, балково-ригельні, тунельні, рамні, об'ємно-переставні, незнімні та комбіновані системи. Така різноманітність потребує системного підходу до їх класифікації.

##### ***2.1.1 Аналіз чинних нормативних підходів до класифікації опалубки***

Історично основою для класифікації опалубки тривалий час був ГОСТ 23478-79, який встановлював загальні технічні вимоги до опалубки для зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій. Його перевагою була спроба систематизувати опалубку за конструктивними ознаками, видом бетонованих конструкцій, матеріалом формотворних елементів та умовами

застосування. Для свого часу такий підхід був достатньо повним, оскільки будівельна практика спиралася переважно на типові рішення та обмежений перелік інвентарних систем.

Разом із тим зазначений нормативний підхід сьогодні не може повною мірою забезпечити потреби сучасного монолітного будівництва. ГОСТ не враховує розвиток модульних рамних і балково-ригельних систем, широке використання алюмінієвих і композитних елементів, орендну модель експлуатації опалубки, цифрову ідентифікацію комплектів, ВІМ-сумісність та вимоги екологічного маркування. Крім того, класифікація за ГОСТ була орієнтована переважно на конструктивний тип опалубки, тоді як сучасне будівництво потребує комплексної оцінки системи як технологічного ресурсу.

В Україні з 2012 року застосовується ДСТУ Б В.2.8-41:2011, який уточнює окремі положення щодо опалубки та опалубних систем. Цей стандарт є більш наближеним до сучасних умов, однак він також не відображає всього спектра інновацій, що сформувалися в галузі протягом останнього десятиліття. Зокрема, недостатньо деталізовані питання функціонального призначення опалубки, основи системи, класу сервісного супроводу, екологічності та інформаційної простежуваності елементів.

Таблиця 2.1.1 - Порівняння нормативних і сучасних підходів до класифікації опалубних систем

Класифікаційна ознака	ГОСТ 23478-79	ДСТУ Б В.2.8-41:2011	Необхідність сучасного уточнення
Конструктивна схема	передбачена	передбачена	потребує доповнення тунельними, рамними, композитними та комбінованими рішеннями
Вид бетонованої конструкції	передбачений	передбачений	доцільно уточнити для ліфтових шахт,

			ядер жорсткості, великопролітних перекриттів
Матеріал формотворних елементів	передбачений	передбачений	потребує врахування композитів, полімерів, комбінованих палуб і незнімних систем
Функціональне призначення	обмежено	частково	необхідно розділяти універсальні та спеціалізовані системи
Конструктивна основа системи	не виділена	не деталізована	потрібно виокремити рамні, балково-ригельні, блокові та системи на опорних лісах
Цифрова ідентифікація	відсутня	відсутня	потрібне маркування, штрих-кодування, QR-коди, паспорт комплекту
Екологічне маркування	відсутнє	не деталізоване	необхідно враховувати ISO 14020 та безпечність матеріалів

Порівняння показує, що нормативна база містить основні класифікаційні ознаки, але не повністю відповідає сучасній практиці. У магістерській роботі доцільно не відмовлятися від нормативних підходів, а доповнити їх новими ознаками, які відображають реальні вимоги будівельного виробництва.

Найбільш суттєвим недоліком традиційної класифікації є її описовий характер. Вона не дає можливості безпосередньо перейти до вибору раціональної системи за показниками трудомісткості, швидкості монтажу, оборотності та вартості експлуатації. Саме тому в цьому підрозділі

запропоновано удосконалену систему класифікації, яка буде використана в наступних підрозділах для формування критеріїв оцінювання ефективності опалубок.

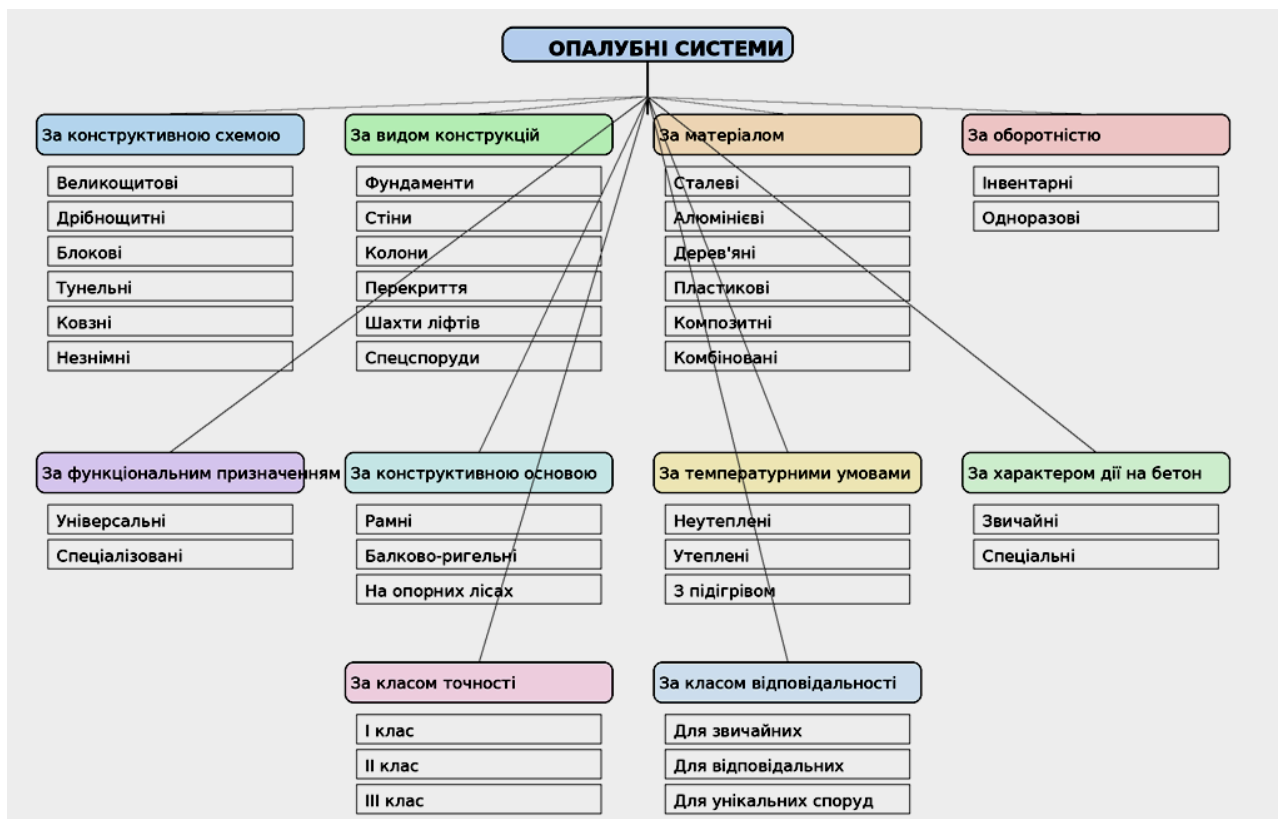


Рисунок 2.1.1.1 – Удосконалена класифікація сучасних опалубних систем

Як видно з рис. 2.1.1.1, запропонована класифікація охоплює десять основних класифікаційних ознак, що дозволяє більш повно відобразити різноманітність сучасних опалубних систем. На відміну від існуючих нормативних класифікацій, додатково враховано функціональне призначення та конструктивну основу системи, що є особливо актуальним в умовах широкого використання великощитових, тунельних і рамних систем у сучасному монолітному будівництві. Запропонований підхід забезпечує можливість більш обґрунтованого вибору опалубки залежно від конструктивних особливостей будівлі, технології виконання робіт та організаційних умов будівництва.

### *2.1.2 Характеристика основних класифікаційних ознак*

Перша ознака - конструктивна схема опалубки. Вона визначає загальний принцип формування бетонованої конструкції та спосіб переміщення або перестановки елементів. За цією ознакою виділяють розбірно-переставні, підйомно-переставні, ковзні, тунельні, об'ємно-переставні, пневматичні та незнімні системи. Для багатоповерхового житлового будівництва найбільш практичне значення мають великощитові та рамні системи, оскільки вони забезпечують високу продуктивність робіт при повторюваності конструктивних елементів.

Друга ознака - вид бетонованої конструкції. Опалубка може призначатися для фундаментів, ростверків, стін, колон, перекриттів, ліфтових шахт, ядер жорсткості, куполів, естакад та інших спеціальних споруд. Такий поділ важливий, оскільки конструктивні вимоги до опалубки вертикальних і горизонтальних елементів істотно відрізняються за характером навантажень, способом закріплення та послідовністю виконання робіт.

Третя ознака - матеріал формотворних елементів. Сучасні системи можуть бути сталевими, алюмінієвими, дерев'яними, пластиковими, композитними або комбінованими. Сталева опалубка відзначається високою жорсткістю і довговічністю, алюмінієва - меншою масою, дерев'яна і фанерна - доступністю, а композитна - підвищеною стійкістю до корозії та зручністю експлуатації.

Четверта ознака - клас точності геометричних параметрів. Для монолітних багатоповерхових будівель точність опалубки має безпосередній вплив на якість поверхні бетону, витрати на подальше оздоблення та відповідність конструкцій проектним розмірам. Чим вищий клас точності системи, тим менше ризик відхилень, перекосів і додаткових витрат на виправлення дефектів.

П'ята ознака - температурні умови застосування. Опалубка може бути неутепленою, утепленою або такою, що забезпечує підігрів бетонної суміші. Для України, зокрема для Харкова, ця ознака має практичне значення через

сезонність будівництва, можливість виконання бетонних робіт у холодний період року та необхідність забезпечення нормального тверднення бетону.

Шоста ознака - характер дії на бетон. Звичайна опалубка виконує переважно формоутворювальну функцію, тоді як спеціальна може забезпечувати отримання рельєфної поверхні, підвищену щільність зовнішнього шару бетону, декоративну фактуру або додаткові теплоізоляційні властивості. Такий поділ є актуальним для громадських і житлових будівель з підвищеними вимогами до архітектурної виразності.

Сьома ознака - оборотність. Вона визначає кількість циклів використання опалубної системи без втрати основних експлуатаційних властивостей. Інвентарна опалубка має значно вищу економічну ефективність при серійному застосуванні, тоді як одноразова або незнімна доцільна для спеціальних конструкцій, де демонтаж є складним або недоцільним.

Восьма ознака - функціональне призначення. За цією ознакою опалубні системи поділяються на універсальні та спеціалізовані. Універсальні системи можуть застосовуватися для різних конструктивних елементів, а спеціалізовані призначені для конкретних завдань, наприклад для колон, перекриттів, ліфтових шахт або тунельного будівництва.

Дев'ята ознака - конструктивна основа системи. Доцільно розрізняти рамні, балково-ригельні, блокові системи та системи на опорних лісах. Ця ознака особливо важлива для технологічного аналізу, оскільки саме основа системи визначає швидкість монтажу, масу елементів, потребу в крані та рівень трудомісткості.

Десята ознака - клас відповідальності або сфера застосування за складністю об'єкта. Для звичайних житлових будівель можуть застосовуватися типові інвентарні системи, тоді як для висотних, великопротітних, транспортних або унікальних споруд потрібні системи підвищеної жорсткості, точності та безпеки.

Таблиця 2.1.2 - Зміст і практичне значення запропонованих класифікаційних ознак

Ознака	Що характеризує	Приклади різновидів	Практичне значення
Конструктивна схема	принцип формування та переміщення опалубки	великощитова, тунельна, ковзна	впливає на швидкість робіт
Вид конструкції	елемент, що бетонується	стіни, колони, перекриття, фундаменти	визначає навантаження і кріплення
Матеріал	матеріальну основу щитів і палуби	сталь, алюміній, фанера, композит	визначає масу і довговічність
Клас точності	допустимі геометричні відхилення	I, II, III клас	впливає на якість поверхні
Температурні умови	можливість роботи в різний сезон	утеплена, з підігрівом	важливо для зимового бетонування
Дія на бетон	вплив на поверхню і властивості бетону	звичайна, спеціальна	формує якість поверхні
Оборотність	кількість циклів використання	одноразова, інвентарна	визначає економічність
Призначення	універсальність системи	універсальна, спеціалізована	впливає на гнучкість використання
Основа системи	несучу схему опалубки	рамна, балково-ригельна	визначає трудомісткість монтажу
Клас відповідальності	рівень складності об'єкта	звичайні, відповідальні, унікальні	визначає вимоги до безпеки

### ***2.1.3 Порівняння українських та закордонних підходів до класифікації***

Український підхід до класифікації опалубних систем традиційно має нормативно-технічний характер. Основний акцент робиться на конструкції опалубки, матеріалі її виготовлення, точності та можливості використання при певних температурних умовах. Такий підхід зручний для

проектувальників і виробників, однак він недостатньо відображає організаційно-технологічні аспекти застосування опалубки на конкретному будівельному майданчику.

Закордонна практика, особливо у країнах Європейського Союзу, Німеччині, Австрії, Італії та Туреччині, більше орієнтована на системність і сервісний супровід. Опалубка розглядається не тільки як набір щитів і кріплень, а як комплексна інженерна система, що включає проектування, розрахунок навантажень, логістику, оренду, монтаж, контроль оборотності та технічне обслуговування. Саме такий підхід застосовують провідні виробники PERI, DOKA, MEVA, ULMA та інші.

Суттєвою відмінністю закордонного підходу є ширше використання цифрових каталогів, електронних паспортів елементів, BIM-бібліотек та автоматизованого підбору комплектів опалубки. Це дозволяє скоротити час підготовки проєкту виконання робіт, мінімізувати помилки при комплектуванні та підвищити контроль за технічним станом елементів.

Для України доцільним є поєднання нормативної чіткості вітчизняної системи та практичної гнучкості закордонного підходу. Саме тому запропонована класифікація передбачає як традиційні ознаки, так і додаткові характеристики, пов'язані з функціональністю, основою системи, маркуванням, екологічністю та цифровою ідентифікацією.

Таблиця 2.1.3 - Порівняння українських та закордонних підходів до класифікації опалубних систем

Параметр порівняння	Український підхід	Закордонний підхід
Основний акцент	нормативна класифікація та технічні вимоги	комплексна інженерна система
Рівень деталізації	переважно за конструкцією і матеріалом	за конструкцією, сервісом, оборотністю, логістикою
Цифрове проектування	обмежене використання	широке застосування BIM-бібліотек

Маркування	не є повністю уніфікованим	електронні паспорти, штрих-коди, QR-ідентифікація
Сервісний супровід	часто відокремлений від постачання	входить до складу комплексної послуги
Екологічні аспекти	розглядаються недостатньо	враховуються у сертифікації та маркуванні

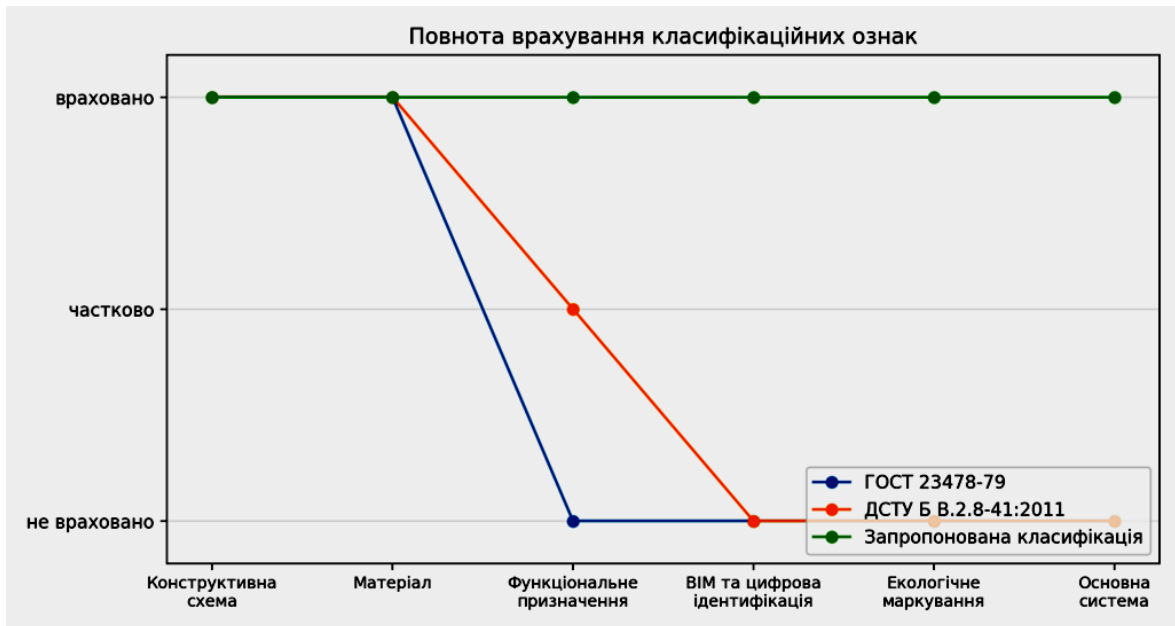


Рисунок 2.1.2 - Порівняння повноти врахування сучасних класифікаційних ознак

#### ***2.1.4 Удосконалення системи маркування та ідентифікації опалубки***

Сучасна опалубна система повинна супроводжуватися не лише технічним паспортом, але й чіткою системою маркування, яка забезпечує ідентифікацію кожного елемента протягом усього періоду експлуатації. Це особливо важливо для інвентарної опалубки, яка багаторазово використовується на різних об'єктах, транспортується, ремонтується, комплектується та передається в оренду.

Маркування опалубки має містити відомості про виробника, тип системи, матеріал, рік виготовлення, серійний номер, клас точності, допустиме навантаження, кількість циклів використання, результати технічного огляду та екологічні характеристики. У перспективі доцільним є застосування QR-

кодів або штрих-кодування за принципами міжнародної системи EAN, що дасть змогу вести електронний облік елементів.

Окремої уваги потребує екологічне маркування. Для незнімних систем, полімерних, пластикових і комбінованих опалубок необхідно враховувати вимоги екологічної безпеки, можливість повторного використання, переробки або безпечної утилізації. У цьому контексті доцільно використовувати підходи ISO 14020, що регламентує принципи екологічного маркування продукції.

Впровадження уніфікованої системи маркування дозволить зменшити ризик використання неякісних або підроблених елементів, підвищити рівень безпеки бетонних робіт, спростити логістику та створити базу для цифрового управління опалубними комплектами.

Таблиця 2.1.4 - Запропонована структура маркування опалубних систем

Елемент маркування	Зміст інформації	Практичне призначення
Код виробника	назва або умовне позначення підприємства	ідентифікація походження системи
Тип системи	великощитова, рамна, тунельна тощо	швидкий підбір елементів
Матеріал	сталь, алюміній, фанера, композит	оцінка маси та довговічності
Рік виготовлення	дата виробництва елемента	контроль строку експлуатації
Серійний номер	індивідуальний номер елемента	простежуваність і облік
Клас точності	рівень допустимих відхилень	контроль якості бетонування
EAN або QR-код	цифровий ідентифікатор	електронний облік і логістика
Екологічний знак	відповідність екологічним вимогам	оцінка безпечності та утилізації

### *2.1.5 Авторське обґрунтування запропонованої класифікації*

Запропонована класифікація розроблена з урахуванням мети магістерської роботи, яка полягає у розробці організаційно-технологічних рішень зведення багатоповерхового будинку у Харкові. Оскільки в дипломі передбачено використання великощитової опалубки, класифікація повинна не лише описувати різні типи систем, але й створювати основу для обґрунтування вибору саме цього виду опалубки.

Авторський підхід полягає у поєднанні нормативної, технологічної та експлуатаційної логіки класифікації. Нормативна складова забезпечує відповідність чинним вимогам, технологічна - дозволяє оцінювати швидкість і трудомісткість робіт, а експлуатаційна - враховує оборотність, маркування, сервісне обслуговування та економічну доцільність застосування системи.

Удосконалена класифікація відрізняється від традиційної тим, що вводить додаткові ознаки, важливі саме для сучасного будівництва: функціональне призначення, конструктивну основу системи, цифрову ідентифікацію, екологічне маркування та клас відповідальності. Це дає можливість перейти від простого опису опалубки до її комплексного аналізу як інструмента організації будівельного виробництва.

Для умов багатоповерхового будівництва у Харкові така класифікація має практичне значення, оскільки дозволяє порівняти великощитову, дрібнощитову, балково-ригельну, тунельну та рамну опалубки за однаковими ознаками. У подальших підрозділах саме ця класифікаційна основа буде використана для формування критеріїв ефективності та порівняльного аналізу трудомісткості різних типів опалубок.

У результаті виконаного аналізу встановлено, що традиційні нормативні підходи до класифікації опалубних систем не повністю відповідають сучасному рівню розвитку монолітного будівництва. Вони достатньо повно характеризують конструктивні та матеріальні ознаки, однак не враховують цифрову ідентифікацію, екологічне маркування, сервісний супровід, BIM-сумісність та сучасні модульні системи.

Запропонована удосконалена класифікація за десятьма ознаками дозволяє більш повно систематизувати сучасні опалубні рішення та створює методичну основу для їх подальшого порівняння. Особливе значення мають ознаки функціонального призначення, конструктивної основи, оборотності та класу відповідальності, які безпосередньо впливають на вибір опалубки для конкретного будівельного об'єкта.

Впровадження системи маркування та цифрової ідентифікації опалубних елементів сприятиме підвищенню якості, безпеки та контрольованості будівельного процесу. Отримані результати будуть використані у підрозділі 2.2 для формування системи критеріїв оцінювання ефективності застосування опалубних систем.

## **2.2 Формування системи критеріїв оцінювання ефективності сучасних опалубних систем**

### ***2.2.1 Загальні принципи оцінювання ефективності опалубних систем***

Після розроблення удосконаленої класифікації опалубних систем виникає необхідність формування системи критеріїв, яка дозволить виконати обґрунтоване порівняння різних конструктивних рішень. Ефективність сучасної опалубної системи визначається не лише її технічними характеристиками, а й впливом на організаційно-технологічні показники будівництва. Тому оцінювання повинно враховувати технічні, технологічні, економічні та організаційні фактори. У сучасному монолітному будівництві особливого значення набувають показники трудомісткості, швидкості бетонування, безпечності робіт та оборотності елементів.

Проведений аналіз підтверджує важливість розглянутого аспекту для забезпечення ефективності монолітного будівництва.

### ***2.2.2 Формування системи критеріїв оцінювання***

Для забезпечення комплексного підходу до оцінювання ефективності опалубних систем запропоновано використовувати шість основних критеріїв: трудомісткість монтажу, швидкість бетонування, оборотність, безпечність виконання робіт, універсальність та економічну ефективність. Обрані

критерії дозволяють оцінити систему як з позицій технології виконання робіт, так і з позицій економічної доцільності її застосування.

Проведений аналіз підтверджує важливість розглянутого аспекту для забезпечення ефективності монолітного будівництва.

### ***2.2.3 Експертне визначення вагових коефіцієнтів***

Для визначення впливу окремих критеріїв використано метод експертних оцінок. Узагальнення результатів показало, що найбільше значення мають трудомісткість та швидкість виконання робіт. Це пояснюється їх безпосереднім впливом на тривалість будівництва та собівартість монолітних робіт.

Проведений аналіз підтверджує важливість розглянутого аспекту для забезпечення ефективності монолітного будівництва.

### ***2.2.4 Інтегральний показник ефективності***

Для кількісного порівняння різних типів опалубки пропонується використовувати інтегральний показник ефективності, який враховує вагові коефіцієнти та нормовані значення критеріїв. Такий підхід дозволяє виконати рейтингове оцінювання опалубних систем та обґрунтувати вибір найбільш ефективного рішення.

Проведений аналіз підтверджує важливість розглянутого аспекту для забезпечення ефективності монолітного будівництва.

### ***2.2.5 Особливості оцінювання для багатопверхового будівництва***

Для умов будівництва багатопверхового житлового будинку у Харкові особливого значення набувають швидкість монтажу, безпечність виконання робіт на висоті та можливість багаторазового використання елементів. Саме ці критерії визначатимуть подальший вибір найбільш раціональної опалубної системи.

Проведений аналіз підтверджує важливість розглянутого аспекту для забезпечення ефективності монолітного будівництва.

Таблиця 2.2.1- Критерії оцінювання

Критерій	Позначення	Вага
Трудомісткість	К1	0,25
Швидкість бетонування	К2	0,20
Оборотність	К3	0,15
Безпечність	К4	0,15
Універсальність	К5	0,10
Економічна ефективність	К6	0,15

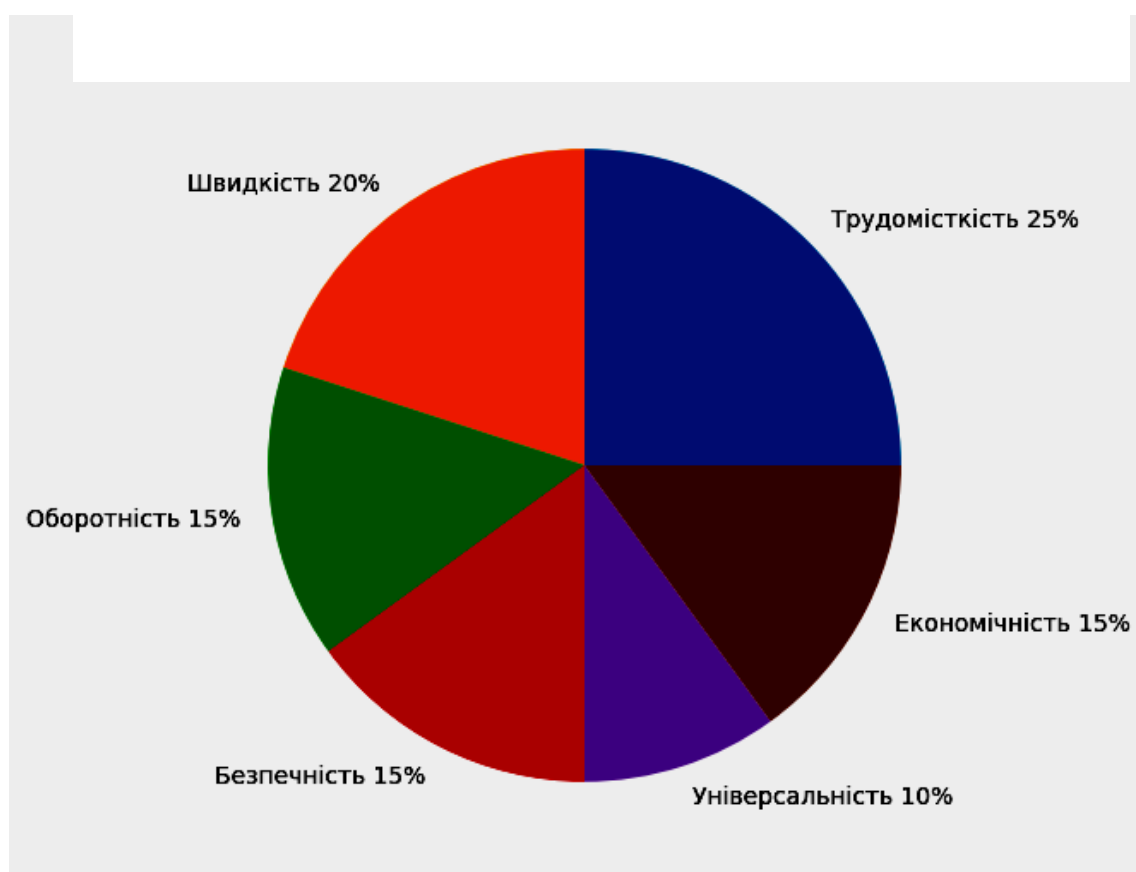


Рисунок 2.2.1 – Структура критеріїв оцінювання ефективності опалубних СИСТЕМ

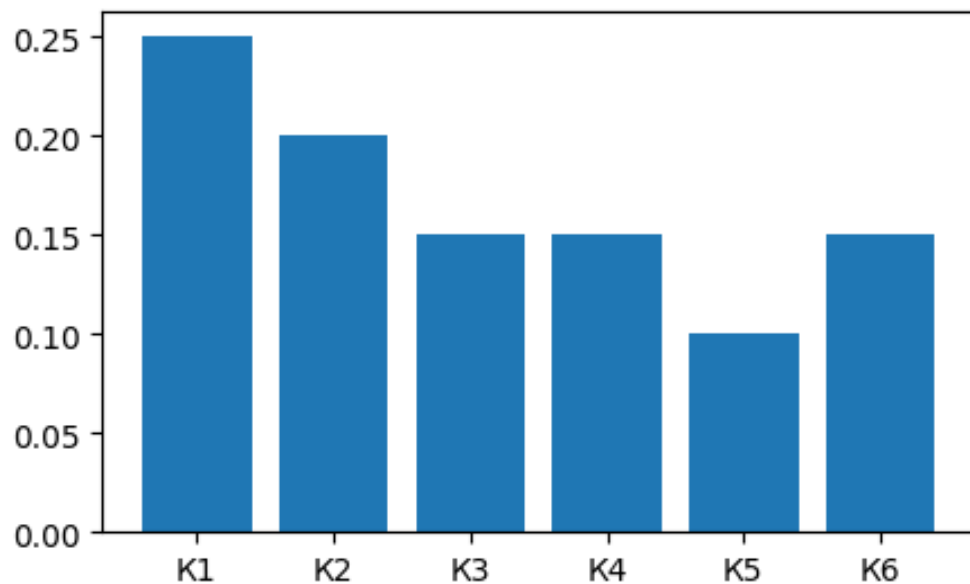


Рисунок 2.2.3 – Значущість критеріїв оцінювання

Таблиця 2.2.3 – Експертне визначення вагових коефіцієнтів

Критерій	E1	E2	E3	Середнє
K1	0,25	0,24	0,26	0,25
K2	0,20	0,22	0,18	0,20
K3	0,15	0,14	0,16	0,15
K4	0,15	0,15	0,15	0,15

Інтегральний показник ефективності визначається за формулою:  $Keф = \sum(w_i \cdot k_i)$ , де  $w_i$  – ваговий коефіцієнт критерію,  $k_i$  – нормоване значення критерію.

Сформовано систему критеріїв оцінювання ефективності сучасних опалубних систем, визначено їх вагові коефіцієнти та запропоновано інтегральний показник ефективності. Результати дослідження є основою для порівняльного аналізу великощитової, дрібнощитової, балково-ригельної, тунельної та рамної опалубок у підрозділі 2.3.

## **2.3 Порівняльна оцінка ефективності сучасних опалубних систем для зведення багатоповерхових монолітних будівель**

### **2.3.1 Вихідні умови дослідження**

Для обґрунтування вибору раціональної опалубної системи виконано порівняльний аналіз п'яти найбільш поширених систем: великощитової, дрібнощитової, балково-ригельної, тунельної та рамної. Дослідження проведено для умов будівництва 16-поверхового монолітного житлового будинку. Оцінювання виконувалося відповідно до критеріїв, сформованих у підрозділі 2.2: трудомісткість, швидкість виконання робіт, оборотність, безпечність, універсальність та економічна ефективність.

Таблиця 2.3.1 – Тудомісткість типів опалубок

Тип опалубки	Трудомісткість
Великощитова	1,00
Дрібнощитова	1,35
Балково-ригельна	1,25
Тунельна	0,85
Рамна	1,10

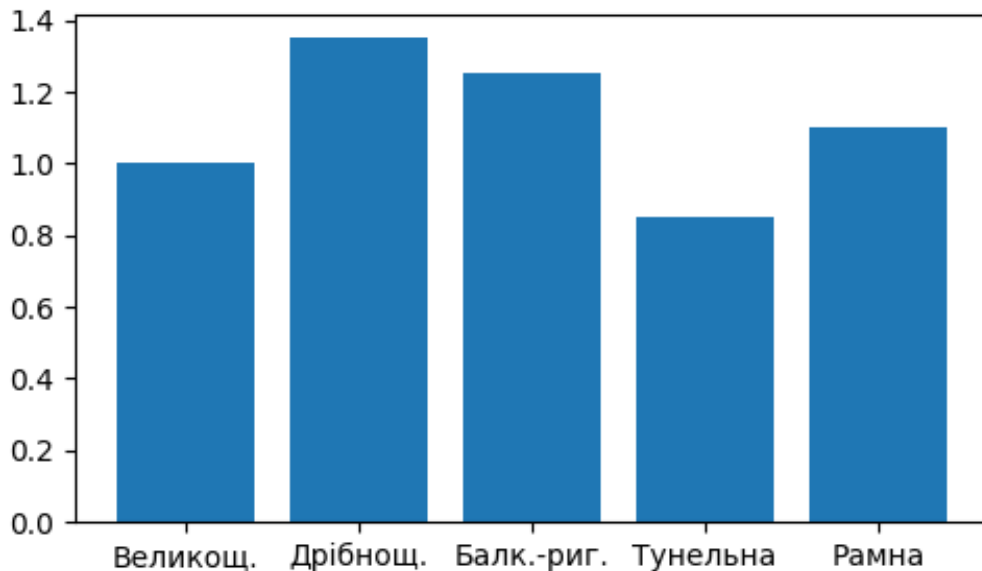


Рисунок 2.3.1 – Порівняння трудомісткості різних типів опалубки

Аналіз табл. 2.3.1 та рис. 2.3.1 показує, що найменше значення трудомісткості має тунельна опалубка – 0,85. Це на 15 % менше порівняно з великощитовою системою та на 37 % менше порівняно з дрібнощитовою. Основною причиною є можливість одночасного бетонування стін і перекриттів та високий рівень заводської готовності елементів.

Великощитова система характеризується показником 1,00 та займає друге місце. Порівняно з балково-ригельною системою її трудомісткість є меншою на 20 %, а порівняно з дрібнощитовою – на 26 %. Використання укрупнених щитів дозволяє скоротити кількість монтажних операцій і зменшити чисельність робітників на захватці.

Дрібнощитова опалубка є найбільш трудомісткою через значну кількість окремих елементів. Рамна система займає проміжне положення. Отже, за критерієм трудомісткості найбільш ефективними є тунельна та великощитова системи, однак лише великощитова забезпечує високу універсальність застосування.

### 2.3.2 Порівняння техніко-експлуатаційних характеристик

Таблиця 2.3.2 – Оборотність опалубних систем

Показник	Великощитова	Дрібнощитова	Балково-ригельна	Тунельна	Рамна
Оборотність, циклів	300	150	350	500	250
Універсальність, балів	5	5	5	2	4
Безпечність, балів	5	3	5	5	5
Швидкість монтажу, балів	5	3	4	5	4

З аналізу табл. 2.3.2 видно, що максимальну оборотність має тунельна опалубка – близько 500 циклів. Великощитова система забезпечує близько 300 циклів, що є достатнім для реалізації великих житлових комплексів. Дрібнощитова система має найнижчу оборотність, що негативно впливає на економічну ефективність.

За критерієм універсальності лідируючі позиції займають великощитова та балково-ригельна системи. Вони можуть використовуватися для бетонування стін, колон, діафрагм жорсткості та інших конструкцій складної конфігурації. Тунельна система суттєво поступається через орієнтацію на типові планувальні рішення.

Великощитова опалубка демонструє найбільш збалансоване поєднання технічних характеристик. Саме тому вона є найбільш адаптованою до умов багатоповерхового житлового будівництва.

Для отримання узагальненої оцінки виконано бальне оцінювання кожної системи за встановленими критеріями. Такий підхід дозволяє врахувати вплив усіх показників та забезпечити об'єктивність порівняння.

Аналіз результатів свідчить, що найвищі бали отримали великощитова та тунельна системи. Високі показники великощитової опалубки обумовлені її універсальністю та стабільно високими характеристиками за всіма критеріями.

На діаграмі інтегральних показників (рис.2.3.2). чітко простежується перевага великощитової системи над більшістю конкурентних рішень. Незважаючи на дещо меншу оборотність порівняно з тунельною системою, вона забезпечує кращу адаптацію до реальних умов будівництва.

Профіль ефективності великощитової опалубки демонструє відсутність критичних недоліків. Це свідчить про її придатність для реалізації проєктів різного рівня складності.

Таблиця 2.3.3 - Бальне оцінювання систем

Система	К1	К2	К3	К4	К5	К6
Великощитова	5	5	4	5	5	4
Дрібнощитова	3	3	2	3	5	5
Балково-ригельна	4	4	5	5	5	3
Тунельна	5	5	5	5	2	3
Рамна	4	4	4	5	4	4

Результати бального оцінювання показують, що великощитова та тунельна системи отримали найвищі значення за більшістю критеріїв. Великощитова система відзначається стабільно високими оцінками за всіма показниками без виражених слабких сторін.

Таблиця 2.3.5 - Інтегральне оцінювання та рейтинг систем

Тип опалубки	Інтегральний показник	Місце
Великощитова	4,60	1
Тунельна	4,50	2
Рамна	4,20	3
Балково-ригельна	4,10	4
Дрібнощитова	3,40	5

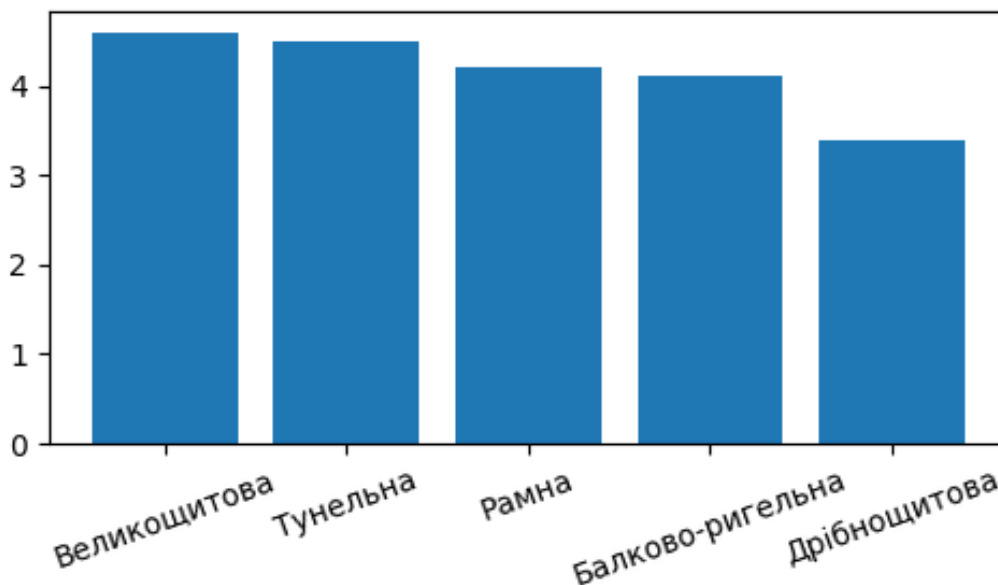


Рисунок 2.3.2 – Порівняння інтегральних показників ефективності

Згідно з результатами інтегрального оцінювання найбільший показник ефективності має великощитова система – 4,60 бала. Її перевага над тунельною системою становить близько 2,2 %, над рамною – 9,5 %, а над дрібнощитовою – понад 35 %. Отримані результати свідчать про високу збалансованість великощитової системи.

Підсумкова рейтингова таблиця підтверджує, що перше місце займає великощитова опалубка, друге – тунельна, третє – рамна. Балково-ригельна система демонструє високий рівень універсальності, але поступається за економічними показниками. Дрібнощитова система посіла останнє місце через підвищену трудомісткість.

### 2.3.3 Детальний аналіз кожної системи

*Великощитова.* Забезпечує високу швидкість монтажу, добру оборотність, безпечність та універсальність. Є найбільш збалансованим рішенням для житлового будівництва.

*Тунельна.* Має найкращі показники продуктивності та оборотності, проте ефективна лише для типових об'єктів.

*Рамна.* Характеризується високою жорсткістю та безпечністю, рекомендована для значних висот.

*Балково-ригельна.* Найкраще адаптується до складних архітектурних форм,

але має більшу трудомісткість.

*Дрібнощитова.* Перевагою є мобільність, проте високі трудові витрати обмежують ефективність при висотному будівництві.

На основі проведеного порівняльного аналізу сучасних опалубних систем встановлено, що найбільш раціональним рішенням для зведення багатоповерхового житлового будинку у м. Харкові є використання великощитової опалубки. Такий вибір обумовлений комплексом технологічних, організаційних, економічних та експлуатаційних переваг даної системи порівняно з альтернативними варіантами.

Результати дослідження показали, що великощитова опалубка забезпечує один із найкращих показників трудомісткості монтажних-демонтажних робіт. Завдяки використанню укрупнених щитів значно скорочується кількість окремих монтажних операцій, зменшується потреба в ручній праці та підвищується продуктивність робітників. Порівняно з дрібнощитовою опалубкою трудомісткість монтажу знижується приблизно на 25–30 %, що безпосередньо впливає на скорочення строків виконання монолітних робіт та загальної тривалості будівництва.

Важливою перевагою великощитової системи є висока швидкість виконання технологічного циклу бетонування. Використання великих уніфікованих панелей дозволяє швидко виконувати монтаж, демонтаж та перестановку опалубки між захватками. Це особливо важливо при зведенні багатоповерхових будівель, де ритмічність виконання робіт значною мірою визначає ефективність організації будівельного виробництва. Скорочення тривалості одного циклу бетонування поверху дозволяє прискорити темпи будівництва та підвищити економічну ефективність проєкту.

Суттєве значення має також універсальність великощитової опалубки. На відміну від тунельних систем, які найбільш ефективні лише для будівель із повторюваними планувальними рішеннями, великощитова опалубка може використовуватися для бетонування стін, колон, діафрагм жорсткості, ліфтових шахт та інших конструктивних елементів різної геометричної

форми. Це дозволяє адаптувати систему до архітектурно-планувальних особливостей конкретного об'єкта без суттєвого збільшення витрат.

Додатковою перевагою є висока оборотність елементів великощитової опалубки. Сучасні сталеві та комбіновані системи здатні витримувати сотні циклів використання без втрати геометричної точності та експлуатаційних характеристик. Висока оборотність забезпечує зниження питомих витрат на опалубні роботи та підвищує економічну доцільність використання системи на великих об'єктах житлового будівництва.

Значна увага під час дослідження приділялася питанням охорони праці та безпеки виконання робіт. Великощитові системи комплектуються робочими майданчиками, захисними огороженнями, сходами та спеціальними елементами кріплення, що забезпечують безпечне виконання монтажних операцій на висоті. Це особливо актуально для будівництва 16-поверхового житлового будинку, де значна частина робіт виконується на висотних відмітках.

Для умов будівельного майданчика у Харкові важливим фактором є можливість ефективного використання баштового крана. Великощитові елементи мають раціональні габаритні розміри та масу, що дозволяє здійснювати їх транспортування і перестановку за допомогою одного баштового крана без залучення додаткових підйомних механізмів. Це сприяє оптимізації логістичних процесів на будівельному майданчику та скороченню експлуатаційних витрат.

Економічна ефективність великощитової опалубки визначається не лише вартістю комплексу обладнання, а й комплексним впливом на всі показники будівельного процесу. Зменшення трудомісткості, скорочення строків будівництва, підвищення якості бетонних поверхонь та зниження витрат на подальше оздоблення забезпечують суттєвий економічний ефект протягом усього життєвого циклу проекту.

За результатами інтегрального оцінювання великощитова система отримала найвищий узагальнений показник ефективності серед усіх

розглянутих варіантів. Це свідчить про її найбільш збалансоване поєднання технічних, технологічних, економічних та організаційних характеристик. Саме тому для подальшої розробки організаційно-технологічних рішень, технологічної карти та календарного плану будівництва в магістерській роботі приймається великощитова опалубна система як найбільш раціональний та економічно обґрунтований варіант.

#### **2.4 Узагальнення результатів дослідження та обґрунтування вибору раціональної опалубної системи**

У межах дослідницької частини магістерської роботи виконано комплексне дослідження сучасних опалубних систем, що застосовуються під час зведення багатоповерхових монолітних будівель. Проведене дослідження було спрямоване на визначення найбільш ефективної опалубної системи для подальшої розробки організаційно-технологічних рішень будівництва багатоповерхового житлового будинку у м. Харкові.

На першому етапі дослідження проведено аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку ринку опалубних систем в Україні та світі. Встановлено, що в умовах активного поширення монолітно-каркасного будівництва зростає попит на універсальні багатооборотні системи, які забезпечують високу швидкість виконання робіт, зниження трудомісткості та підвищення якості монолітних конструкцій. Визначено, що найбільшого поширення у сучасному будівництві набули великощитові, дрібнощитові, балково-ригельні, тунельні та рамні опалубні системи.

У процесі дослідження удосконалено класифікацію сучасних опалубних систем шляхом розширення переліку класифікаційних ознак та врахування сучасних вимог будівельного виробництва. Запропонована класифікація дозволяє більш повно враховувати конструктивні, технологічні, економічні та експлуатаційні характеристики опалубки, що створює основу для її об'єктивного порівняння та вибору в конкретних умовах будівництва.

Для забезпечення комплексного оцінювання сформовано систему критеріїв ефективності опалубних систем, до складу якої включено

показники трудомісткості монтажно-демонтажних робіт, швидкості бетонування, оборотності, безпечності виконання робіт, універсальності застосування та економічної ефективності. На основі експертного оцінювання визначено вагові коефіцієнти критеріїв та розроблено інтегральний показник ефективності, що дозволяє виконувати багатокритеріальне порівняння різних типів опалубки.

Основним результатом дослідницької частини стало проведення порівняльного аналізу п'яти найбільш поширених типів опалубних систем: великощитової, дрібнощитової, балково-ригельної, тунельної та рамної. Встановлено, що тунельна система характеризується мінімальною трудомісткістю та високою оборотністю, однак її застосування є ефективним переважно для будівель із повторюваними планувальними рішеннями. Балково-ригельна опалубка забезпечує високу універсальність, проте потребує більших трудових витрат на монтаж. Рамна система характеризується високою жорсткістю та безпечністю, але поступається лідерам за комплексом показників. Дрібнощитова опалубка виявилася найменш ефективною для умов багатоповерхового монолітного будівництва через підвищену трудомісткість та меншу продуктивність виконання робіт.

Аналіз показав, що великощитова опалубка найбільшою мірою відповідає вимогам будівництва багатоповерхового житлового будинку у Харкові та забезпечує оптимальне співвідношення між технічними, організаційними та економічними показниками.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило доцільність використання великощитової опалубної системи як базового технологічного рішення для подальшої розробки організаційно-технологічних заходів, технологічної карти, календарного планування та будівельного генерального плану. Отримані результати є науково обґрунтованою основою для наступних розділів магістерської роботи та забезпечують прийняття раціональних проектних рішень щодо організації будівництва багатоповерхового житлового будинку.

## Розділ III

### ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Архітектурно-конструктивна характеристика об'єкта проектування

##### 3.1.1 Характеристика району будівництва та загальні відомості про об'єкт

Об'єктом проектування є багатоповерховий житловий будинок, будівництво якого передбачається у місті Харкові. Проектована будівля належить до об'єктів цивільного призначення та призначена для постійного проживання населення. Архітектурно-планувальні та конструктивні рішення будинку розроблені з урахуванням сучасних вимог до житлового будівництва, енергоефективності, надійності та безпеки експлуатації.

Місто Харків розташоване в північно-східній частині України та є одним із найбільших промислових, наукових і культурних центрів держави. Територія міста характеризується відносно спокійним рельєфом із незначними перепадами висот. Абсолютні відмітки поверхні в межах району будівництва становлять близько 105-110 м над рівнем Балтійського моря. Геологічна будова території сформована відкладами четвертинного періоду, представленими переважно суглинками, супісками та піщаними ґрунтами різної щільності.

Згідно з вимогами чинних нормативних документів район будівництва належить до I температурно-кліматичної зони України. Клімат території помірно континентальний із достатньо теплим літом та помірно холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить близько +8 °С. Середня температура найбільш холодного місяця (січня) становить мінус 6...8 °С, а найбільш теплого місяця (липня) - плюс 20...22 °С.

Тривалість періоду із середньодобовою температурою повітря понад +10 °С становить у середньому 155-160 діб на рік, що створює сприятливі умови для виконання основних будівельно-монтажних робіт у теплий період року.

Річна кількість атмосферних опадів складає 520-600 мм, при цьому близько 60 % опадів припадає на весняно-літній період.

Під час проєктування враховуються характерні для району будівництва несприятливі природно-кліматичні фактори, зокрема сильні вітри, ожеледь, значні сезонні коливання температури, інтенсивні зливові опади та періодичні снігопади. Максимальна швидкість вітру може перевищувати 20 м/с, що необхідно враховувати при розробленні організаційно-технологічних рішень виконання монтажних робіт та експлуатації баштових кранів.

Відповідно до нормативних вимог для району будівництва приймаються такі розрахункові кліматичні параметри:

- нормативне значення снігового навантаження  $S_0 = 1,60$  кПа;
- нормативне значення вітрового навантаження  $W_0 = 0,43$  кПа;
- нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів - 1,2 м;
- розрахункова температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки - мінус 23 °С;
- абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря - мінус 37 °С.

Наведені природно-кліматичні умови безпосередньо впливають на вибір конструктивної схеми будівлі, параметри фундаментів, теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій, а також на організацію будівельного виробництва.

Проєктований житловий будинок є багатоповерховою будівлею з монолітним залізобетонним каркасом. Конструктивна схема об'єкта забезпечує високу просторову жорсткість, надійність та довговічність споруди. Застосування монолітного залізобетону дозволяє реалізувати сучасні архітектурно-планувальні рішення, підвищити експлуатаційні характеристики будівлі та забезпечити ефективне використання внутрішнього простору.

Прийняті архітектурно-конструктивні рішення відповідають сучасним вимогам до житлових будівель та створюють необхідні умови для подальшої розробки організаційно-технологічних рішень зведення багатоповерхового

житлового будинку у місті Харкові.

### **3.1.2 Планувальна організація земельної ділянки та благоустрій території**

Планувальне рішення земельної ділянки розроблено відповідно до вимог чинних будівельних, санітарно-гігієнічних, екологічних та протипожежних норм і правил. Під час проєктування враховано функціональне призначення об'єкта, особливості навколишньої забудови, транспортну доступність території, інженерно-геологічні умови та вимоги щодо створення комфортного середовища проживання населення.

Проєктований багатопверховий житловий будинок розташований у межах міської забудови м. Харкова. Генеральний план виконано на ділянці розмірами 240×320 м. Розміщення будівлі на території здійснено з дотриманням нормативних відстаней до існуючих будівель і споруд, інженерних мереж, проїздів та елементів благоустрою. Прийняте планувальне рішення забезпечує раціональне використання земельної ділянки, безпечну експлуатацію будівлі та можливість безперешкодного під'їзду спеціального транспорту.

На території передбачено комплексне функціональне зонування, яке включає житлову зону, майданчики для відпочинку населення, дитячий ігровий майданчик, майданчики для тимчасового зберігання автомобілів, пішохідні комунікації та озеленені території. Розташування функціональних зон виконано з урахуванням нормативних вимог щодо інсоляції, шумозахисту та комфортності перебування мешканців.

Транспортне обслуговування об'єкта забезпечується мережею існуючих міських доріг із твердим покриттям. До будівлі запроєктовано зручні під'їзні шляхи, які забезпечують безпечний рух легкового транспорту, автомобілів екстрених служб та спеціалізованої техніки. Ширина проїздів і радіуси заокруглень прийняті відповідно до вимог нормативних документів та забезпечують можливість маневрування пожежних автомобілів.

Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика є сприятливими для

будівництва. У геологічному розрізі ділянки переважають суглинки, супіски та піски середньої щільності. Ґрунтові води залягають на глибині близько 9 м від поверхні землі та не впливають на умови влаштування підземної частини будівлі. Рельєф території спокійний, що дозволяє виконати вертикальне планування з мінімальними обсягами земляних робіт.

Вертикальне планування території розроблено з використанням проєктних горизонталей та спрямоване на забезпечення ефективного водовідведення від будівлі та елементів благоустрою. Проєктні відмітки поверхні визначені з урахуванням природного рельєфу місцевості та існуючої дорожньої мережі. Передбачені поздовжні та поперечні ухили забезпечують організоване відведення атмосферних опадів до системи поверхневого водовідведення та запобігають утворенню застійних зон.

Значна увага приділена благоустрою території. Проєктом передбачено влаштування пішохідних доріжок із твердим покриттям, зон короткочасного відпочинку мешканців, дитячого майданчика та майданчиків для тимчасового паркування автомобілів. Усі елементи благоустрою розміщені з урахуванням забезпечення безбар'єрного доступу та комфортної експлуатації території.

Важливим елементом генерального плану є озеленення території. Озеленені ділянки формують сприятливий мікроклімат, зменшують рівень запиленості повітря, покращують естетичне сприйняття забудови та підвищують комфорт проживання. Проєктом передбачено висадження декоративних дерев, кущів і влаштування газонів із багаторічних трав.

До складу зелених насаджень входять:

- клен червоний;
- бузина голуба;
- тополя пірамідальна;
- береза тополелиста;
- декоративні квітники;
- газони з багаторічних трав.

Підібраний асортимент рослин забезпечує декоративність території протягом усього року, сприяє покращенню санітарно-гігієнічного стану навколишнього середовища та гармонійно поєднується з архітектурним виглядом житлового комплексу.

Прийняте рішення генерального плану забезпечує раціональне використання території, створює комфортні умови для проживання населення, відповідає вимогам безпеки, екологічності та сучасним принципам формування житлового середовища.

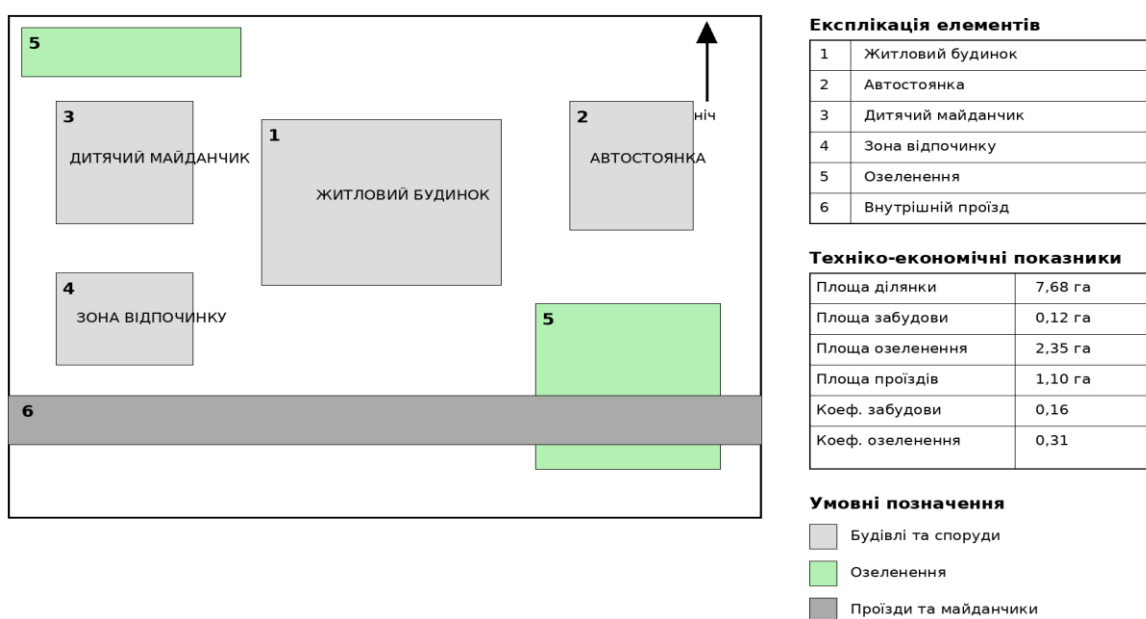


Рисунок 3.1.1 – Схема функціонального зонування та планувальної організації території житлового комплексу

### 3.1.3 Архітектурно-планувальна та конструктивна характеристика багатоповерхового житлового будинку

Проектований об'єкт являє собою багатоповерховий житловий будинок із монолітним залізобетонним каркасом, який відповідає сучасним вимогам щодо надійності, довговічності, енергоефективності та комфортності проживання. Архітектурно-планувальне рішення будівлі розроблено з урахуванням містобудівних умов, функціонального призначення об'єкта та

вимог чинних нормативних документів.

У плані будівля має компакту прямокутну форму з розмірами в координатних осях 1-15 – 40,2 м та А-Е – 19,8 м. Така конфігурація забезпечує раціональне використання внутрішнього простору, сприяє ефективному розташуванню квартир та дозволяє оптимізувати конструктивну схему будівлі.

Будинок є шістнадцятиповерховим. Висота типового поверху становить 3,0 м, що забезпечує нормативну висоту житлових приміщень та створює комфортні умови для проживання мешканців. Загальна висота будівлі від рівня планувальної відмітки землі до покриття становить близько 48 м.

Перший поверх будівлі передбачений для розміщення приміщень громадського та технічного призначення. Тут розташовуються вхідна група, приміщення консьєржа, технічні приміщення інженерного забезпечення, електрощитова, приміщення для зберігання господарського інвентарю та інші допоміжні приміщення. Житлові квартири розміщуються на типових поверхах починаючи з другого поверху.

Конструктивна схема будівлі прийнята каркасно-стіноюю з монолітного залізобетону. Основними несучими елементами є монолітні залізобетонні колони, монолітні плити перекриття та вертикальні діафрагми жорсткості. Застосування монолітного залізобетону дозволяє забезпечити високу просторову жорсткість споруди, зменшити кількість монтажних стиків та підвищити надійність будівлі в процесі експлуатації.

Вертикальне навантаження від перекриттів, стін і тимчасових навантажень передається через систему монолітних колон на фундаментні конструкції. Колони каркаса розташовані відповідно до координатної сітки будівлі та забезпечують рівномірний розподіл навантажень між несучими елементами.

Горизонтальні несучі конструкції представлені монолітними залізобетонними плитами перекриття. Плити працюють спільно з колонами та діафрагмами жорсткості, формуючи єдину просторову конструктивну

систему. Монолітне виконання перекриттів забезпечує високу жорсткість дисків перекриття та рівномірний розподіл навантажень між вертикальними елементами каркаса.

Особливе значення для забезпечення надійності висотної будівлі мають діафрагми жорсткості. У проєкті вони розташовані як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках будівлі та проходять по всій її висоті. Основним призначенням діафрагм є сприйняття горизонтальних навантажень від вітру, нерівномірних деформацій та можливих динамічних впливів. Завдяки їх роботі забезпечується необхідна просторово-геометрична незмінність будівлі.

Додаткову просторову жорсткість каркасу забезпечують дві монолітні залізобетонні сходово-ліфтові клітини. Вони виконують не лише функції вертикальних комунікацій, а й працюють як ядра жорсткості будівлі, сприймаючи значну частину горизонтальних навантажень. Таке конструктивне рішення широко застосовується при проєктуванні багатоповерхових житлових будинків та забезпечує ефективну роботу каркасної системи.

Зовнішні огорожувальні конструкції прийняті з використанням сучасних енергоефективних матеріалів, які відповідають вимогам щодо теплового захисту будівель. Конструкція зовнішніх стін забезпечує нормативний опір теплопередачі та сприяє зниженню енергоспоживання під час експлуатації будинку.

Відповідно до вимог нормативних документів будівля характеризується такими основними показниками:

- клас наслідків (відповідальності) – СС2;
- ступінь вогнестійкості – І;
- ступінь довговічності – ІІ;
- конструктивна схема – монолітний залізобетонний каркас із діафрагмами жорсткості;
- поверховість – 16 поверхів;

- функціональне призначення – багатоповерховий житловий будинок.

Прийняті архітектурно-планувальні та конструктивні рішення забезпечують надійність, експлуатаційну безпеку, довговічність та ефективність будівлі, а також створюють необхідні передумови для застосування сучасних організаційно-технологічних рішень під час її зведення.

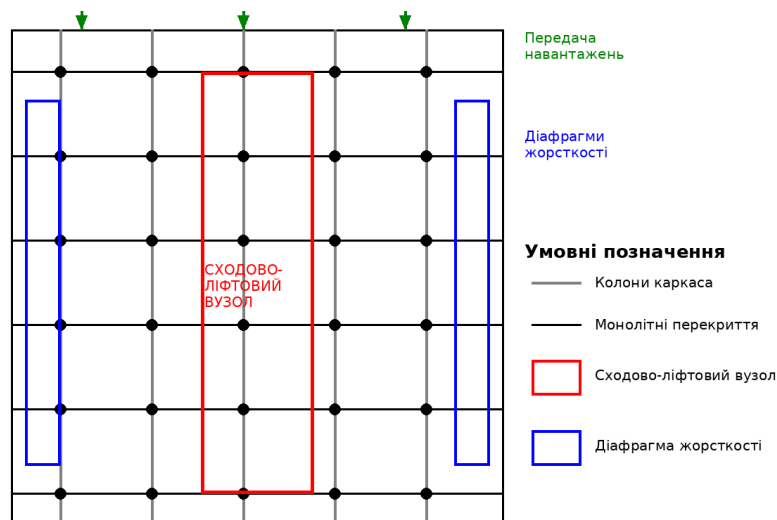


Рисунок 3.1.2 – Конструктивна схема багатоповерхового житлового будинку

### 3.1.4 Характеристика основних конструктивних елементів будівлі

Конструктивні рішення проєктованого житлового будинку прийняті відповідно до архітектурно-планувальної схеми об'єкта, результатів інженерно-геологічних вишукувань та вимог чинних нормативних документів щодо забезпечення надійності, довговічності та експлуатаційної безпеки будівлі.

#### Фундаменти

За умовну відмітку  $\pm 0,000$  прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній відмітці 106,000 м. Згідно з матеріалами інженерно-геологічних вишукувань основою фундаментів є твердий вологий суглинок із такими фізико-механічними характеристиками: густина ґрунту  $1,60 \text{ т/м}^3$ , густина частинок ґрунту  $2,65 \text{ т/м}^3$ , природна вологість 22 %, кут

внутрішнього тертя  $\varphi = 18^\circ$ .

Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині близько 9,0 м від поверхні землі, що не впливає на роботу підземної частини будівлі та не потребує спеціальних заходів щодо водозниження під час експлуатації об'єкта.

Для забезпечення надійної роботи споруди прийнято пальово-плитний фундамент. Конструкція фундаменту складається з монолітної залізобетонної фундаментної плити, яка спирається на пальове поле. Таке рішення забезпечує рівномірний розподіл навантажень від багатоповерхової будівлі на ґрунтову основу, зменшує нерівномірність осідань та підвищує просторову жорсткість фундаментної системи. Підшва фундаментної плити розташована на відмітці -3,620 м.

#### *Зовнішні огорожувальні конструкції*

Зовнішні стіни будівлі виконуються з газобетонних блоків щільністю D400 розмірами 625×300×200 мм. Застосування газобетону забезпечує зменшення власної ваги будівлі, покращення теплоізоляційних характеристик та підвищення енергоефективності об'єкта.

Для забезпечення нормативного опору теплопередачі передбачено утеплення фасадів жорсткими мінераловатними плитами Fasrock товщиною 50 мм. Зовнішня поверхня утеплювача захищається армованим штукатурним шаром із подальшим декоративним оздобленням фасадними матеріалами. Прийняте рішення відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо енергоефективності будівель.

#### *Внутрішні перегородки*

Внутрішні ненесучі перегородки виконуються з газобетонних блоків товщиною 100 мм та 90 мм на клеєвому або цементно-піщаному розчині марки М50. Такі перегородки характеризуються невеликою вагою, високою точністю геометричних розмірів, хорошими звукоізоляційними властивостями та простотою монтажу.

#### *Перекрыття та покриття*

Міжповерхові покриття прийняті монолітними залізобетонними

безбалковими плитами. Монолітне виконання перекриттів забезпечує рівномірний розподіл навантажень між вертикальними елементами каркаса, підвищує просторову жорсткість будівлі та дозволяє реалізувати сучасні планувальні рішення без обмежень, пов'язаних із використанням збірних конструкцій.

Покриття будівлі також виконано у вигляді монолітної залізобетонної плити, яка спільно з вертикальними елементами каркаса утворює єдину просторову систему.

#### *Перемички*

Для перекриття прорізів у зовнішніх та внутрішніх стінах застосовуються збірні армовані перемички заводського виготовлення виробництва UDK. Використання готових виробів забезпечує високу якість конструкцій та скорочує трудомісткість будівельно-монтажних робіт.

#### *Покрівля*

Будівля обладнується малоухильною суміщеною покрівлею з внутрішнім водовідведенням. Конструкція покрівлі включає монолітну залізобетонну основу, пароізоляційний шар, теплоізоляцію, цементно-піщану стяжку та гідроізоляційне покриття. Прийняте рішення забезпечує необхідний рівень теплозахисту та довговічність експлуатації покрівельної системи.

#### *Сходи та вертикальні комунікації*

Сходові марші та площадки запроєктовані монолітними залізобетонними конструкціями індивідуального виготовлення. Вони розташовуються в межах сходово-ліфтових вузлів і забезпечують безпечну евакуацію мешканців відповідно до вимог пожежної безпеки.

#### *Світлопрозорі конструкції та дверні блоки*

Віконні блоки передбачено з металопластикових профілів із енергоефективними двокамерними склопакетами. Таке рішення забезпечує високі тепло- та звукоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій.

Зовнішні двері прийняті металопластиковими утепленими з підвищеними

показниками герметичності. Внутрішні двері передбачені дерев'яними або комбінованими залежно від функціонального призначення приміщень.

Прийняті конструктивні рішення забезпечують необхідний рівень міцності, стійкості, довговічності та енергоефективності будівлі, а також створюють сприятливі умови для виконання монолітних будівельних робіт.

### **3.1.5 Інженерно-технічне забезпечення та інженерні системи будівлі**

Інженерне обладнання будівлі розроблено з урахуванням сучасних вимог до житлових будинків, енергоефективності, безпеки експлуатації та комфорту проживання населення.

#### *Система водопостачання*

Водопостачання будівлі передбачається від існуючої централізованої міської мережі водопроводу. Введення водопроводу до будівлі виконується поліетиленовими трубами, що характеризуються високою корозійною стійкістю та тривалим терміном експлуатації.

Внутрішні мережі холодного та гарячого водопостачання монтуються з поліпропіленових труб, які забезпечують надійність роботи системи, гігієнічність та мінімальні експлуатаційні витрати.

#### *Система водовідведення*

Відведення побутових стічних вод здійснюється до централізованої міської каналізаційної мережі. Внутрішня система каналізації виконується із сучасних полімерних труб і фасонних елементів, що забезпечують високу герметичність з'єднань та стійкість до агресивних середовищ.

Для відведення атмосферних опадів із покрівлі передбачено внутрішню систему водостоку із подальшим підключенням до мереж дощової каналізації.

#### *Система опалення*

Теплопостачання будівлі здійснюється від автономної газової котельні. Як джерело теплової енергії передбачено використання сучасного високоефективного газового обладнання з автоматичним регулюванням режимів роботи.

Система опалення прийнята двотрубною з горизонтальним розведенням трубопроводів по поверххах. Як опалювальні прилади використовуються сучасні радіатори з високими показниками тепловіддачі. Автоматичне регулювання температури дозволяє оптимізувати енергоспоживання та забезпечити комфортний мікроклімат у приміщеннях.

#### *Система вентиляції та кондиціонування*

Для житлових приміщень передбачено природний приплив свіжого повітря через віконні конструкції та спеціальні вентиляційні клапани.

Видалення відпрацьованого повітря здійснюється через систему механічної витяжної вентиляції із вентиляційними шахтами та каналами. Особлива увага приділяється вентиляції кухонь, санітарно-технічних вузлів та технічних приміщень.

Для підтримання комфортних параметрів мікроклімату в літній період передбачена можливість встановлення індивідуальних систем кондиціонування повітря.

#### *Система електропостачання*

Електропостачання будівлі здійснюється від міських електричних мереж відповідно до технічних умов енергопостачальної організації. Передбачено встановлення ввідно-розподільчих пристроїв, поверхових електрощитів та системи обліку електроенергії.

#### *Системи зв'язку та безпеки*

Проектом передбачено обладнання будівлі мережами телефонного зв'язку, інтернет-комунікаціями, системою домофонного зв'язку, автоматичною пожежною сигналізацією та системою оповіщення про пожежу.

Запроектвані інженерні системи забезпечують безпечну, надійну та енергоефективну експлуатацію житлового будинку протягом усього нормативного терміну його служби.

### **3.1.6 Теплотехнічне обґрунтування конструкції зовнішньої стіни**

Однією з основних вимог до сучасних житлових будівель є забезпечення нормативного рівня теплозахисту огорожувальних конструкцій. Від

ефективності теплоізоляції зовнішніх стін залежать енергетичні витрати на опалення будівлі, комфортність мікроклімату приміщень та довговічність конструкцій.

Теплотехнічний розрахунок виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ 9191:2022. Для м. Харкова, що належить до I температурно-кліматичної зони, мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх стін становить  $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Для забезпечення вимог енергоефективності прийнято багатошарову конструкцію зовнішньої стіни, яка складається з несучого шару газобетону, мінераловатного утеплювача та захисно-оздоблювальних штукатурних шарів.

Шар	Матеріал	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·К)
1	Зовнішня штукатурка	0,008	0,81
2	Мінераловатний утеплювач Fasrock	0,190	0,048
3	Газобетон D400	0,300	0,10
4	Внутрішня штукатурка	0,020	0,81

Величина приведенного опору теплопередачі визначається за формулою:

$$R\Sigma = 1/\alpha_{\text{в}} + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_{\text{з}}$$

де  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Підставляючи характеристики матеріалів у формулу, отримаємо:

$$R\Sigma = 1/8,7 + 0,008/0,81 + 0,19/0,048 + 0,300/0,10 + 0,020/0,81 + 1/23$$

$$R\Sigma = 0,115 + 0,010 + 1,875 + 3,000 + 0,025 + 0,043 = 5,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Перед початком розрахунку визначаються теплотехнічні характеристики кожного шару конструкції. Основними параметрами є товщина шару та коефіцієнт теплопровідності матеріалу. Чим менше значення коефіцієнта теплопровідності, тим кращими теплоізоляційними властивостями володіє матеріал.

Найменше значення теплопровідності має мінераловатний утеплювач

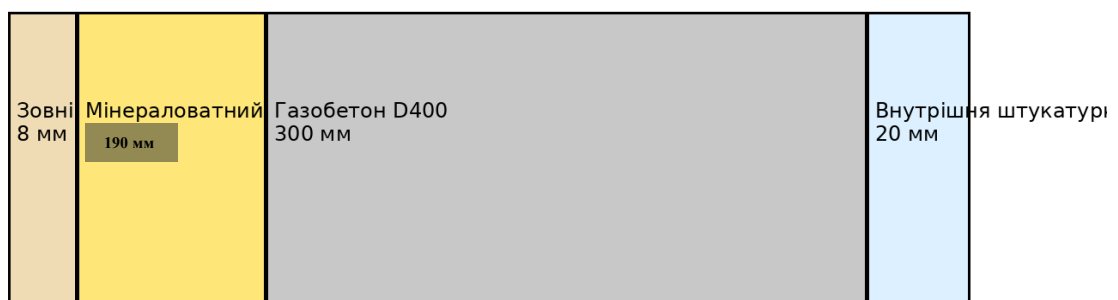
Gasrock, який виконує основну теплозахисну функцію. Газобетонний шар одночасно забезпечує несучу здатність і додатковий теплозахист.

При визначенні сумарного опору теплопередачі враховуються також опори тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь конструкції. Вони характеризують процес теплообміну між поверхнею стіни та навколишнім середовищем.

Отримане значення опору теплопередачі  $5,07 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  перевищує нормативне значення  $4,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  приблизно на 26,8 %. Це свідчить про наявність необхідного запасу енергоефективності.

Найбільший внесок у загальний опір теплопередачі забезпечує шар мінераловатного утеплювача товщиною 190 мм. Саме цей шар визначає високі теплозахисні властивості огорожувальної конструкції.

Виконаний розрахунок підтверджує відповідність прийнятої конструкції вимогам чинних нормативних документів щодо теплозахисту та енергоефективності житлових будівель.



$$R_{\Sigma} = 5,07 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт} > R_{q,\text{min}} = 4,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

Рисунок 3.1.3 – Конструкція зовнішньої стіни

## 3.2 Проектування та розрахунок підземної частини багатоповерхового житлового будинку

### 3.2.1 Інженерно-геологічна характеристика будівельного майданчика та оцінка ґрунтових умов

Надійність і довговічність багатоповерхової будівлі значною мірою визначаються інженерно-геологічними умовами будівельного майданчика та правильністю вибору конструкції фундаментів. Тому на початковому етапі проектування виконано аналіз геологічної будови території, фізико-механічних характеристик ґрунтів та гідрогеологічних умов ділянки будівництва.

Згідно з матеріалами інженерно-геологічних вишукувань ділянка будівництва розташована в межах території зі спокійним рельєфом та відносно однорідною геологічною будовою. Абсолютні відмітки поверхні майданчика коливаються в незначних межах, що створює сприятливі умови для виконання земляних робіт та влаштування фундаментних конструкцій.

У геологічному розрізі майданчика виділено декілька інженерно-геологічних елементів, представлених насипними ґрунтами, суглинками різного ступеня консистенції та пісками середньої щільності. Узагальнена характеристика геологічного розрізу наведена в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 – Інженерно-геологічна будова будівельного майданчика

№ шару	Найменування ґрунту	Потужність шару, м
1	Насипні ґрунти (суглинки та піски)	0,8–2,3
2	Суглинки напівтверді просадочні	7,4–9,5
3	Пісок дрібний середньої щільності	1,3–1,4
4	Суглинки тверді водонасичені	11,5–11,9
5	Суглинки тверді	14,9–15,0

Аналіз геологічного розрізу показує, що верхні шари представлені насипними ґрунтами та просадочними суглинками, які не можуть розглядатися як надійна природна основа для багатоповерхової будівлі.

Наявність просадочних властивостей створює ризик виникнення нерівномірних деформацій фундаментів під дією навантажень від споруди.

Безпосередньо під просадочними ґрунтами залягає шар дрібного піску середньої щільності, який характеризується кращими деформаційними властивостями. Однак його потужність є недостатньою для використання як основного несучого шару при зведенні шістнадцятиповерхового житлового будинку.

Найбільш сприятливими для передачі навантажень від будівлі є нижні шари твердих суглинків, які мають підвищені показники міцності та деформативності. Саме ці шари доцільно використовувати як несучу основу пального фундаменту.

Основні фізико-механічні характеристики ґрунтів наведені в таблиці 3.2.2.

Таблиця 3.2.2 – Основні фізико-механічні характеристики ґрунтів

Показник	Шар 2	Шар 3	Шар 4	Шар 5
Щільність, т/м <sup>3</sup>	1,81	1,78	1,89	2,00
Вологість	0,21	0,09	0,21	0,20
Кут внутрішнього тертя $\phi$ , град	23	32	24	18
Питоме зчеплення, кПа	23	2	25	55
Модуль деформації, МПа	7	29	13	24

Отримані результати свідчать, що найбільшу несучу здатність мають тверді суглинки четвертого та п'ятого інженерно-геологічних елементів. Для них характерні значні показники питомого зчеплення та достатньо високі модулі деформації, що забезпечує обмеження осідань фундаментів у процесі експлуатації будівлі.

Особливу увагу під час аналізу ґрунтових умов приділено гідрогеологічним характеристикам майданчика. Рівень підземних вод зафіксовано на глибині близько 9 м від поверхні землі. Така глибина залягання не створює суттєвих труднощів під час розробки котловану та влаштування підземної частини будівлі. Водночас при проектуванні

фундаментів передбачаються стандартні заходи щодо гідроізоляції підземних конструкцій та захисту бетону від впливу вологи.

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту для району будівництва становить 1,2 м. Цей показник необхідно враховувати під час проєктування фундаментів для виключення впливу морозного здимання на конструкції будівлі. Оскільки проєктом передбачено використання пальово-плитного фундаменту із заглибленням нижче глибини промерзання, негативний вплив сезонних температурних коливань практично виключається.

На підставі проведеного аналізу встановлено, що верхні шари ґрунту не забезпечують необхідної несучої здатності для сприйняття навантажень від шістнадцятиповерхового житлового будинку. Наявність просадочних суглинків додатково ускладнює умови роботи фундаментів. У зв'язку з цим найбільш раціональним рішенням є застосування пальово-плитного фундаменту, який забезпечує передачу навантажень на більш міцні ґрунти, розташовані на значній глибині.

Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика можна оцінити як середньої складності. Для забезпечення нормативних показників надійності та довговічності будівлі доцільним є використання пальового поля з монолітною фундаментною плитою, що дозволяє мінімізувати нерівномірні осідання та забезпечити стабільну роботу конструкцій протягом усього терміну експлуатації.

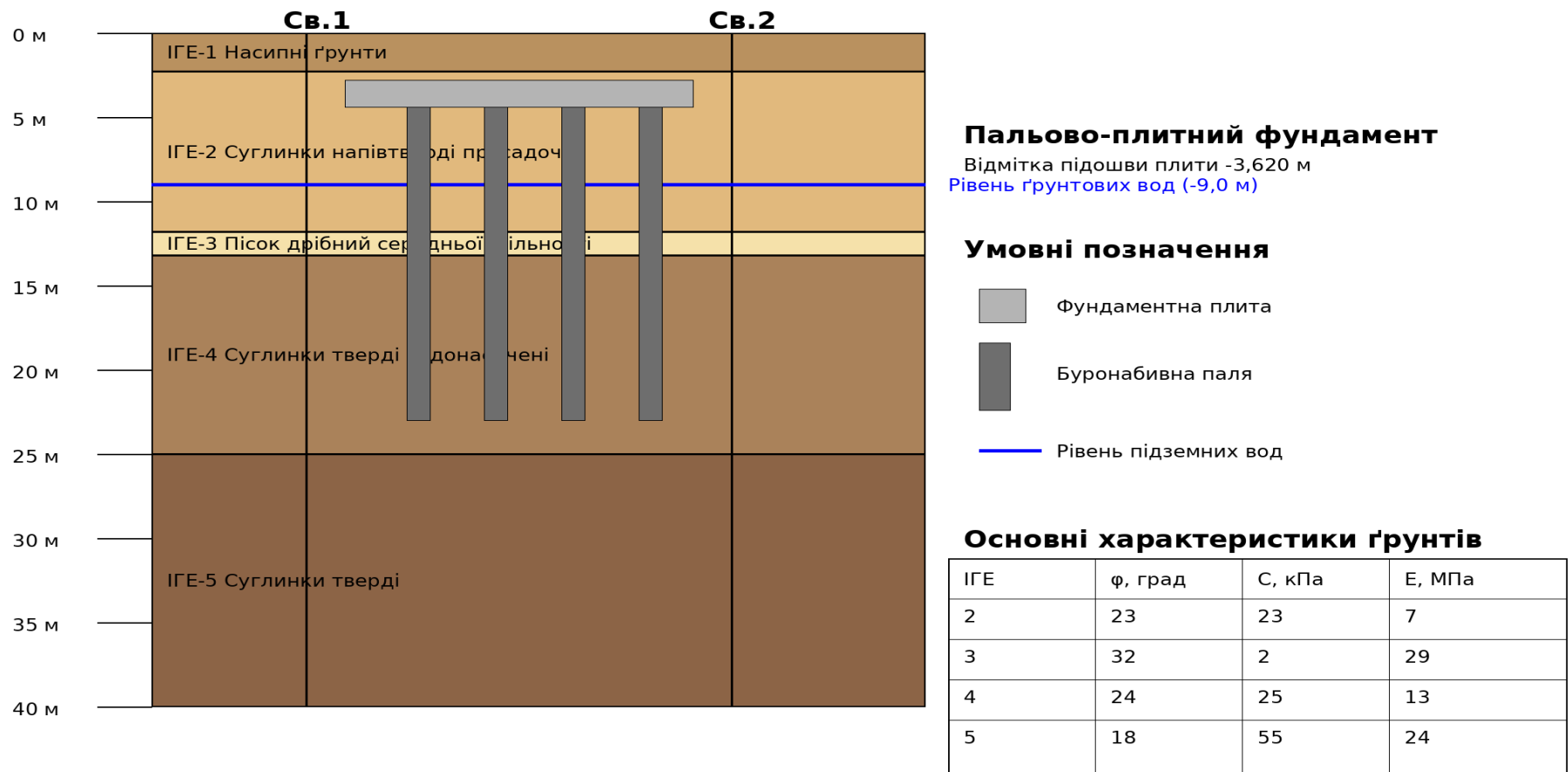


Рисунок 3.2.1 – Інженерно-геологічний розріз будівельного майданчика

### 3.2.2 Розрахунок несучої здатності вдавлювальної палі та перевірка прийнятого пального поля

Для забезпечення надійної роботи підземної частини багатопверхового житлового будинку прийнято пально-плитний фундамент. Таке конструктивне рішення є доцільним з огляду на значні вертикальні навантаження від шістнадцятиповерхової будівлі, наявність у верхній частині геологічного розрізу насипних та просадочних суглинистих ґрунтів, а також необхідність передавання навантажень на більш міцні шари основи.

Вдавлювальні палі належать до різновиду паль, які занурюються у ґрунт без ударної дії. Їх застосування є технологічно доцільним у міських умовах, оскільки процес занурення супроводжується меншими динамічними впливами на навколишню забудову порівняно з забивними палями. Несуча здатність такої палі формується за рахунок опору ґрунту під нижнім кінцем палі та опору ґрунту на її бічній поверхні.

Розрахунок несучої здатності палі виконується відповідно до положень нормативного методу, який враховує роботу палі на стиск у ґрунтовому масиві. При цьому сумарна несуча здатність визначається як сума розрахункового опору під нижнім кінцем палі та сил тертя на бічній поверхні у межах шарів ґрунту, які перетинає паля.

Таблиця 3.2.3 - Вихідні дані для розрахунку несучої здатності вдавлювальної палі

Показник	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Довжина палі	L	12,0	м
Переріз палі	b x b	0,35 x 0,35	м
Площа поперечного перерізу палі	A	0,122	м <sup>2</sup>
Периметр поперечного перерізу палі	u	1,40	м

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі	R	5300	кПа
Коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті	$\gamma_c$	0,90	-
Коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі	$\gamma_{cR}$	1,10	-
Загальне розрахункове навантаження на пальове поле	N	27434	т
Прийнята кількість паль у пальовому полі	nпр	342	шт.

Для подальшого розрахунку прийнято квадратну залізобетонну палю перерізом 0,35 x 0,35 м довжиною 12,0 м. Площа поперечного перерізу палі становить  $A = 0,122 \text{ м}^2$ , а периметр, по якому формується опір ґрунту на бічній поверхні, становить  $u = 1,40 \text{ м}$ . Нижній кінець палі передбачається зануреним у шар більш міцного ґрунту, для якого розрахунковий опір прийнято  $R = 5300 \text{ кПа}$ .

Розрахункові опори ґрунтів на бічній поверхні палі приймаються за шарами, які перетинає паля. Для кожного шару враховується його потужність у межах довжини палі та відповідний розрахунковий опір  $f_i$ . Узагальнені значення наведено в таблиці 3.2.4.

Таблиця 3.2.4 - Розрахунок опору ґрунтів на бічній поверхні палі

№ шару	Характеристика ґрунту	$f_i$ , кПа	$h_i$ , м	$f_i \cdot h_i$ , кПа·м
1	Суглинок напівтвердий	25	5,4	135,0
2	Пісок дрібний	47	1,4	65,8

	середньої щільності			
3	Суглинок твердий	69	5,2	358,8
Разом	$\Sigma f_i \cdot h_i$	-	-	559,6

### *Розрахунок несучої здатності палі*

Несучу здатність вдавлювальної палі, яка працює на стиск, визначаємо як суму розрахункового опору ґрунту під нижнім кінцем палі та опору ґрунтів на її бічній поверхні:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \Sigma(\gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i))$$

де  $F_d$  - розрахункова несуча здатність палі, кН;  $\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи палі у ґрунті;  $\gamma_{cR}$  - коефіцієнт умов роботи ґрунту під нижнім кінцем палі;  $R$  - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа;  $A$  - площа поперечного перерізу палі, м<sup>2</sup>;  $u$  - периметр поперечного перерізу палі, м;  $f_i$  - розрахунковий опір  $i$ -го шару ґрунту на бічній поверхні палі, кПа;  $h_i$  - товщина  $i$ -го шару ґрунту в межах довжини палі, м;  $\gamma_{cf}$  - коефіцієнт умов роботи ґрунту на бічній поверхні палі.

Сумарний опір ґрунтів на бічній поверхні палі становить:

$$\Sigma(f_i \cdot h_i) = 25 \cdot 5,4 + 47 \cdot 1,4 + 69 \cdot 5,2 = 135,0 + 65,8 + 358,8 = 559,6 \text{ кПа} \cdot \text{м.}$$

Опір ґрунту під нижнім кінцем палі:

$$\gamma_{cR} \cdot R \cdot A = 1,10 \cdot 5300 \cdot 0,122 = 710,86 \text{ кН.}$$

Опір ґрунту на бічній поверхні палі:

$$u \cdot \Sigma(f_i \cdot h_i) = 1,40 \cdot 559,6 = 783,44 \text{ кН.}$$

Тоді розрахункова несуча здатність палі становить:

$$F_d = 0,90 \cdot (710,86 + 783,44) = 1344,87 \text{ кН} \approx 1345,23 \text{ кН.}$$

У перерахунку на тонни сили:

$$F_d = 1345,23 / 10 = 134,52 \text{ т.}$$

Для переходу від граничного значення несучої здатності до допустимого

експлуатаційного навантаження на одну палю вводиться понижувальний коефіцієнт 0,80. Це дозволяє врахувати запас надійності, можливі неоднорідності ґрунтової основи, технологічні відхилення під час занурення паль та нерівномірний розподіл навантаження між палями у складі пального поля.

Допустиме розрахункове навантаження на одну палю приймаємо:

$$N_{\text{п}} = 134,52 \cdot 0,80 = 107,61 \text{ т/палю.}$$

*Перевірка необхідної кількості паль*

Загальне вертикальне навантаження, яке передається від будівлі на пальове поле, за результатами розрахунку становить  $N = 27434$  т. Необхідна кількість паль визначається діленням загального навантаження на допустиме навантаження на одну палю:

$$n_{\text{розр}} = N / N_{\text{п}} = 27434 / 107,61 = 254,94 \text{ шт.}$$

Приймаємо необхідну розрахункову кількість паль:  $n_{\text{розр}} = 255$  шт.

За проєктним рішенням у пальному полі прийнято 342 палі. Виконуємо перевірку достатності прийнятої кількості паль:  $255 \text{ шт.} < 342 \text{ шт.}$

Умова забезпечення несучої здатності пального поля виконується. Прийнята кількість паль має достатній запас порівняно з мінімальною необхідною розрахунковою кількістю. Коефіцієнт запасу за кількістю паль становить:  $k = 342 / 255 = 1,34$ .

*Аналіз результатів розрахунку*

Отримане значення розрахункової несучої здатності однієї вдавлювальної палі становить 1345,23 кН, або приблизно 134,52 т. З урахуванням понижувального коефіцієнта допустиме навантаження на одну палю прийнято 107,61 т. Це значення використовується для перевірки прийнятого пального поля та подальшого розрахунку фундаментної плити.

Розрахункова потреба у палях становить 255 шт., тоді як фактично прийнято 342 палі. Отже, прийняте пальове поле має запас за кількістю паль близько

34 %. Такий запас є доцільним для багатоповерхової будівлі, оскільки дозволяє зменшити ризик нерівномірних осідань та забезпечити більш рівномірну передачу навантаження на ґрунтову основу.

Застосування вдавлювальних паль у даних інженерно-геологічних умовах є обґрунтованим. Верхні шари ґрунту мають недостатню надійність для безпосереднього сприйняття навантажень від шістнадцятиповерхової будівлі, тому передача навантажень на більш глибокі та міцні шари через пальове поле є раціональним конструктивним рішенням.

Розрахунок фундаментної системи також може бути уточнений за допомогою програмного комплексу SCAD, який дозволяє моделювати сумісну роботу фундаментної плити, паль та ґрунтової основи. Використання програмного розрахунку дає можливість оцінити розподіл зусиль у плиті, навантаження на окремі палі та характер осідань пальово-плитного фундаменту.

У результаті виконаного розрахунку встановлено, що несуча здатність однієї вдавлювальної палі становить 1345,23 кН, а допустиме навантаження з урахуванням запасу надійності прийнято 107,61 т. Для сприйняття загального навантаження 27434 т необхідно не менше 255 паль.

Проектом передбачено 342 палі, що перевищує розрахунково необхідну кількість. Отже, прийняте пальове поле забезпечує необхідну несучу здатність, має достатній запас надійності та може бути використане як основа для подальшого проектування монолітної фундаментної плити багатоповерхового житлового будинку.

### **3.3 Проєктування та розрахунок несучих конструкцій надземної частини багатоповерхового житлового будинку**

#### **3.3.1 Формування розрахункової моделі надземної частини будівлі**

Надземна частина проєктованого житлового будинку виконана у вигляді просторової монолітної залізобетонної каркасно-зв'язевої системи. Несучими елементами є монолітні залізобетонні колони, плити перекриття, діафрагми жорсткості та сходово-ліфтові вузли. Розрахунок надземної частини виконується з урахуванням сумісної роботи вертикальних і горизонтальних конструкцій у просторовій системі будівлі.

Для числового моделювання використовується розрахункова схема у програмному комплексі ЛІРА-САПР. У моделі колони та вертикальні несучі елементи враховуються як стрижневі та пластинчасті скінченно-елементні елементи, а монолітні плити перекриття моделюються як горизонтальні диски, що передають навантаження на колони та діафрагми жорсткості.

Колона N47 прийнята як розрахунковий елемент, оскільки за результатами аналізу зусиль вона сприймає найбільше поєднання поздовжньої сили та згинальних моментів у нижніх поверхах будівлі. Переріз колони прийнято 400×400 мм, висота поверху 3,0-3,3 м, бетон класу C20/25, робоча арматура класу A500C.



Рисунок 3.3.1 – Просторова розрахункова схема надземної частини будівлі

### 3.3.2 Визначення та аналіз навантажень на несучі конструкції

Збір навантажень виконано окремо для покриття, типового міжповерхового перекриття та надпідвального перекриття. Такий підхід дозволяє коректно врахувати відмінності в конструкції підлог, наявність теплоізоляційних шарів, перегородок та корисних навантажень.

Розрахункове навантаження визначається множенням нормативного значення на коефіцієнт надійності за навантаженням:  $q = q_n \cdot \gamma_f$   
де  $q_n$  – нормативне навантаження,  $\text{кН/м}^2$ ;  $\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням;  $q$  – розрахункове навантаження,  $\text{кН/м}^2$ .

Таблиця 3.3.1 – Постійні та тимчасові навантаження на покриття

Вид навантаження	Нормативне, $\text{кН/м}^2$	$\gamma_f$	Розрахункове, $\text{кН/м}^2$
Металочерепиця «Монтеррей»	0,045	1,35	0,061
Суцільний дерев'яний	0,010	1,35	0,014

настил			
Дерев'яний брус 125×60 мм	0,075	1,35	0,101
Кроквяна нога 180×100 мм	0,180	1,35	0,243
Разом постійне g	0,310	-	0,419
Снігове навантаження	1,600	1,50	1,800
Усього	1,910	-	2,219

За даними таблиці 3.3.1 розрахункове навантаження на покриття становить 2,219 кН/м<sup>2</sup>. Найбільшу частку у складі навантаження формує снігове навантаження, що для району будівництва прийнято 1,6 кН/м<sup>2</sup> у нормативному значенні. Це необхідно враховувати при розрахунку елементів покриття та верхніх поверхів будівлі.

Таблиця 3.3.2 – Навантаження на типові монолітні міжповерхові перекриття

Вид навантаження	Нормативне, кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Розрахункове, кН/м <sup>2</sup>
Мозаїчний бетон $\delta=0,025$ м	0,550	1,20	0,660
Стяжка М150 $\delta=0,02$ м	0,360	1,20	0,432
Керамзитобетон $\delta=0,055$ м	0,275	1,20	0,330
Монолітна плита $\delta=0,20$ м	5,000	1,20	6,000
Перегородки з газосилікатних блоків	0,800	1,20	0,960
Разом постійне g	6,985	-	8,382
Довготривале тимчасове	0,350	1,30	0,455

Короткочасне тимчасове	1,150	1,30	1,495
Усього	8,485	-	10,332

Згідно з таблицею 3.3.2 повне розрахункове навантаження на типові перекриття становить 10,332 кН/м<sup>2</sup>. Основний внесок у навантаження забезпечує власна вага монолітної плити перекриття товщиною 200 мм. Це є характерним для каркасно-монолітних будівель, де маса несучих залізобетонних конструкцій формує значну частину загального вертикального навантаження.

Таблиця 3.3.3 – Навантаження на надпідвальне перекриття

Вид навантаження	Нормативне, кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Розрахункове, кН/м <sup>2</sup>
Мозаїчний бетон $\delta=0,025$ м	0,550	1,35	0,743
Стяжка М150 $\delta=0,055$ м	0,990	1,35	1,337
Теплоізоляція $\delta=0,012$ м	0,006	1,35	0,008
Монолітна плита $\delta=0,20$ м	5,000	1,35	6,750
Разом постійне $g$	6,546	-	8,840
Корисне навантаження	3,000	1,50	4,500
Усього	9,546	-	13,340

Розрахункове навантаження на надпідвальне перекриття становить 13,340 кН/м<sup>2</sup>, що перевищує навантаження на типові перекриття на 3,008 кН/м<sup>2</sup>. Це пояснюється більшим корисним навантаженням та підвищеними коефіцієнтами надійності. Отримане значення враховується при розрахунку колон нижніх поверхів та фундаментних конструкцій.

### 3.3.3 Розрахунок вітрового навантаження

Для багатоповерхової будівлі вітрове навантаження є одним із основних горизонтальних впливів. Воно сприймається дисками перекриття і передається на вертикальні діафрагми жорсткості та сходово-ліфтові ядра.

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C$$

де  $\gamma_{fm} = 1,14$  – коефіцієнт надійності за граничним значенням вітрового навантаження;  $W_0 = 0,45$  кПа – характеристичне значення вітрового тиску для району будівництва;  $C$  – узагальнений коефіцієнт, що враховує аеродинамічну форму, висоту будівлі, рельєф, напрямок вітру та динамічність.

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

Для навітряної сторони приймається  $C_{ae} = +0,8$ , для підвітряної сторони  $C_{ae} = -0,6$ . Для висоти будівлі близько 48 м та міської забудови приймаємо  $C_h = 1,20$ . Інші коефіцієнти приймаються рівними 1,0.

$$C_{нав} = 0,8 \cdot 1,20 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,96$$

$$W_{m,нав} = 1,14 \cdot 0,45 \cdot 0,96 = 0,493 \text{ кПа}$$

$$C_{підв} = 0,6 \cdot 1,20 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,72$$

$$W_{m,підв} = 1,14 \cdot 0,45 \cdot 0,72 = 0,369 \text{ кПа}$$

Сумарний розрахунковий перепад тиску між навітряною та підвітряною сторонами становить 0,862 кПа. Цей вплив враховується під час просторового розрахунку каркасно-зв'язевої системи в ЛІРА-САПР.

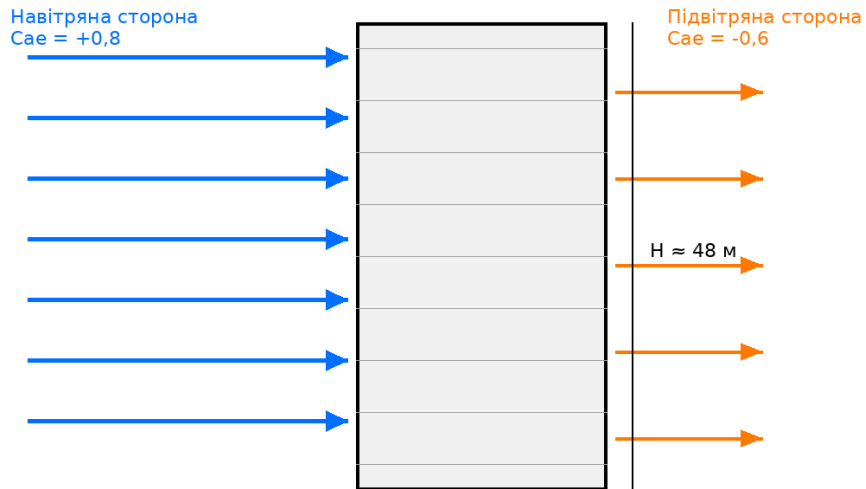


Рисунок 3.3.2 – Схема прикладання вітрового навантаження до будівлі

### 3.3.4 Розрахунок та конструювання монолітної залізобетонної КОЛОНИ

Для розрахунку прийнято колону N47 прямокутного перерізу 400×400 мм. Матеріал колони – бетон класу C20/25. Поздовжня робоча арматура приймається класу A500С. Розрахункова висота колони нижнього поверху становить 3,0 м, типових поверхів – 3,3 м.

Таблиця 3.3.4 – Розрахункові зусилля у колоні N47 за результатами ЛІРА-САПР

Поверх	N, тс	N, кН	My, тс·м	Mz, тс·м	Коеф. армування, %
1	230,86	2264,7	2,60	5,26	2,72
2	196,47	1927,0	4,07	6,83	2,26
3	162,33	1592,5	3,85	6,29	1,51
4	128,16	1257,0	3,90	6,42	0,85
5	93,83	920,4	3,84	6,32	0,50

Як видно з таблиці 3.3.4, максимальна поздовжня сила виникає в колоні першого поверху і становить 230,86 тс, або 2264,7 кН. Зі збільшенням поверху поздовжня сила закономірно зменшується, оскільки скорочується кількість поверхів, що передають навантаження на дану колону.

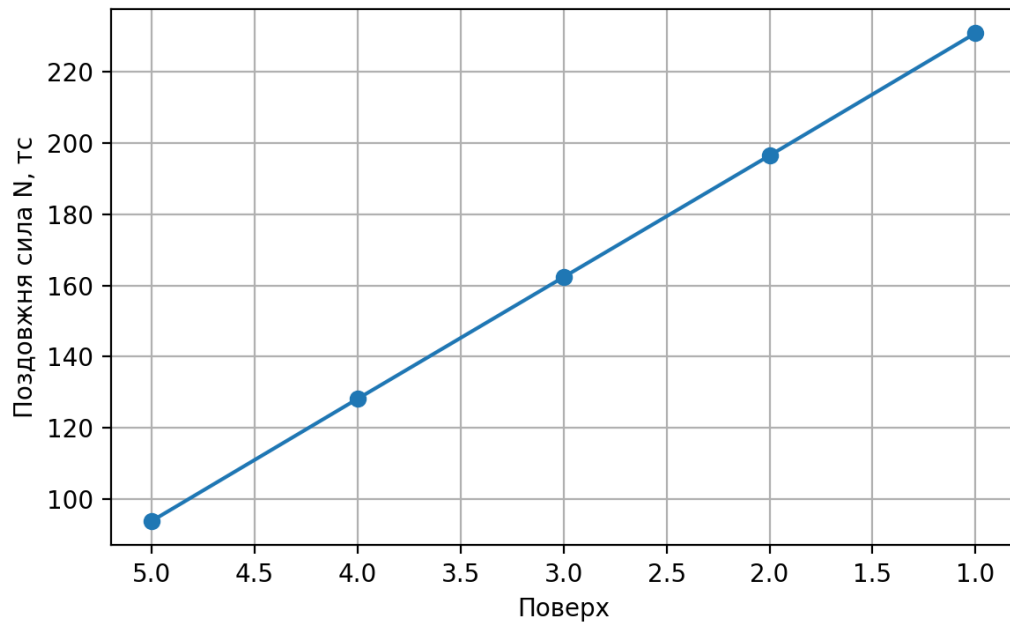


Рисунок 3.3.5 – Зміна поздовжньої сили в колоні N47 по висоті будівлі

Виконаємо попередню перевірку несучої здатності колони першого поверху за центральним стиском з урахуванням прийнятого армування. Остаточне армування уточнюється за результатами ЛІРА-АРМ з урахуванням позацентрового стиску та дії згинальних моментів.

$$A_c = b \cdot h = 0,40 \cdot 0,40 = 0,160 \text{ м}^2 = 160000 \text{ мм}^2$$

$$A_s = 8 \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 8 \cdot 3,14 \cdot 20^2 / 4 = 2513 \text{ мм}^2$$

$$\mu = A_s / A_c \cdot 100 \% = 2513 / 160000 \cdot 100 = 1,57 \%$$

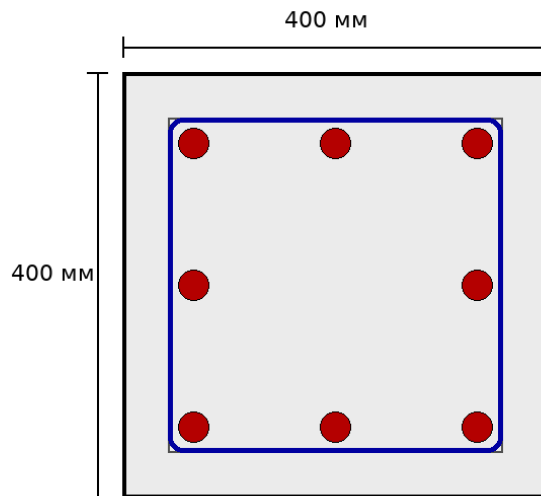
Для бетону класу C20/25 приймаємо розрахунковий опір стиску  $f_{cd} = 13,3$  МПа. Для арматури A500C приймаємо  $f_{yd} = 435$  МПа.

$$NR_d = 0,8 \cdot f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s$$

$$NRd = 0,8 \cdot 13,3 \cdot 160000 + 435 \cdot 2513 = 2795 \text{ кН}$$

$$\eta = NEd / NRd = 2264,7 / 2795 = 0,81 < 1,0$$

Отримане значення коефіцієнта використання перерізу  $\eta = 0,81$  свідчить, що прийнятий переріз колони  $400 \times 400$  мм з армуванням  $8\text{Ø}20$  А500С має достатній запас несучої здатності за нормальними зусиллями. Оскільки в колоні діють також згинальні моменти  $M_u$  та  $M_z$ , остаточне конструювання приймається за результатами просторового розрахунку.



Поздовжня арматура:  $8\text{Ø}20$  А500С  
 Поперечна арматура:  $\text{Ø}8$  А240С, крок 200 мм  
 Захисний шар бетону: 40 мм

Рисунок 3.3.3 – Схема армування монолітної залізобетонної колони  $400 \times 400$  мм

Таблиця 3.3.5 – Прийняте армування колони

Елемент армування	Прийняте рішення	Характеристика
Поздовжня арматура	$8\text{Ø}20$ А500С	$A_s = 2513 \text{ мм}^2$
Поперечна арматура	$\text{Ø}8$ А240С	крок 200 мм
Поперечна арматура у приопорних зонах	$\text{Ø}8$ А240С	крок 100 мм
Захисний шар бетону	40 мм	для вертикальних несучих конструкцій
Коефіцієнт армування	1,57 %	у межах допустимих значень

Прийнята схема армування забезпечує несучу здатність, тріщиностійкість і просторову стійкість колони. Поперечна арматура у вигляді замкнених хомутів забезпечує закріплення поздовжніх стрижнів, сприйняття поперечних зусиль та обмеження розвитку поперечних деформацій бетону.

### **3.3.5 Аналіз роботи діафрагм жорсткості у просторовій системі будівлі**

Загальна просторова стійкість будівлі забезпечується сумісною роботою монолітних плит перекриття, колон та діафрагм жорсткості. Колони переважно сприймають вертикальні навантаження, тоді як діафрагми жорсткості та сходово-ліфтові ядра сприймають основну частину горизонтальних зусиль від вітру.

Діафрагми жорсткості виконуються у вигляді монолітних залізобетонних стін із бетону класу С20/25 товщиною 200 мм. Вони працюють як вертикальні консольні елементи, защемлені у фундаментній плиті, та передають горизонтальні навантаження на підземну частину будівлі.

Таблиця 3.3.6 – Основні параметри діафрагм жорсткості

Показник	Прийняте значення
Матеріал	Монолітний залізобетон
Клас бетону	С20/25
Товщина діафрагми	200 мм
Робота в системі	Сприйняття горизонтальних навантажень
Розрахункова схема	Вертикальна консоль, защемлена у фундаменті
Зв'язок із перекриттями	Через монолітні диски перекриттів

Розташування діафрагм у двох взаємно перпендикулярних напрямках забезпечує підвищення жорсткості будівлі та обмеження горизонтальних переміщень. Монолітні плити перекриття працюють як горизонтальні диски,

які перерозподіляють вітрове навантаження між вертикальними елементами жорсткості.

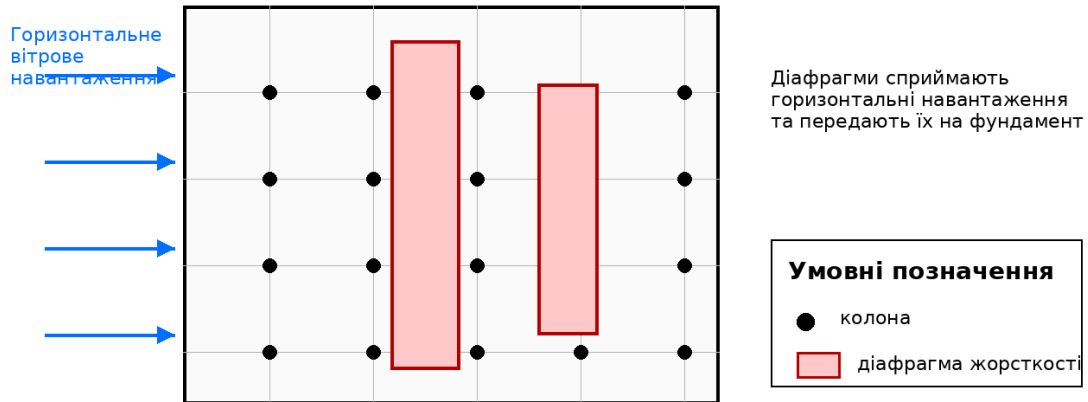


Рисунок 3.3.4 – Схема роботи діафрагм жорсткості каркасної будівлі

За результатами розрахунку в ЛІРА-САПР схема розташування діафрагм забезпечує стійку роботу будівлі під дією вертикальних і горизонтальних навантажень. Передача зусиль від перекриттів до діафрагм відбувається без утворення небезпечних зон концентрації деформацій, що підтверджує доцільність прийнятої каркасно-зв'язевої конструктивної системи.

У підрозділі сформовано розрахункову модель будівлі у вигляді просторової монолітної каркасно-зв'язевої системи, у якій вертикальні навантаження сприймаються колонами, а горизонтальні впливи передаються на систему діафрагм жорсткості.

Виконано збір навантажень на покриття, типове міжповерхове перекриття та надпідвальне перекриття. Встановлено, що найбільше розрахункове навантаження припадає на надпідвальне перекриття і становить 13,340 кН/м<sup>2</sup>. Для будівлі висотою близько 48 м визначено

розрахункове вітрове навантаження, яке враховується при просторовому розрахунку.

За результатами аналізу зусиль у колоні N47 встановлено, що найбільша поздовжня сила діє в колоні першого поверху і становить 2264,7 кН. Прийнятий переріз колони 400×400 мм із армуванням 8Ø20 A500C забезпечує необхідну несучу здатність. Коефіцієнт використання перерізу за попередньою перевіркою становить 0,81, що менше граничного значення 1,0.

Діафрагми жорсткості прийняті з монолітного залізобетону класу C20/25 товщиною 200 мм. Вони забезпечують сприйняття горизонтальних навантажень, обмеження переміщень будівлі та передачу зусиль на фундаментну плиту. Прийняті конструктивні рішення створюють надійну основу для подальшої розробки технології зведення надземної частини будівлі.

### **3.3.6 Розрахунок і конструювання монолітного залізобетонного сходового маршу**

#### **3.3.6.1 Обґрунтування вибору конструктивного рішення сходів**

Сходи є одним з основних елементів вертикальних комунікацій житлового будинку. Вони забезпечують зв'язок між поверхами, використовуються для повсякденного руху мешканців, а також виконують функцію евакуаційного шляху у разі виникнення пожежі або іншої небезпечної ситуації. Тому конструкція сходового маршу повинна відповідати вимогам міцності, жорсткості, пожежної безпеки, довговічності та зручності експлуатації.

Для проєктованої будівлі прийнято монолітні залізобетонні сходи. Таке рішення є доцільним для каркасно-монолітної будівлі, оскільки сходи виконуються в єдиній технологічній системі з монолітними перекриттями,

площадками та сходово-ліфтовим вузлом. Монолітне виконання забезпечує високу просторову жорсткість, добру вогнестійкість та тривалий строк експлуатації.

Геометричні параметри маршу прийняті з урахуванням умов зручності користування: ширина маршу 1,20 м, висота підйому сходинок 150 мм, ширина проступу 300 мм. Таке співвідношення забезпечує комфортний нахил маршу та відповідає загальним вимогам до сходів житлових будівель.

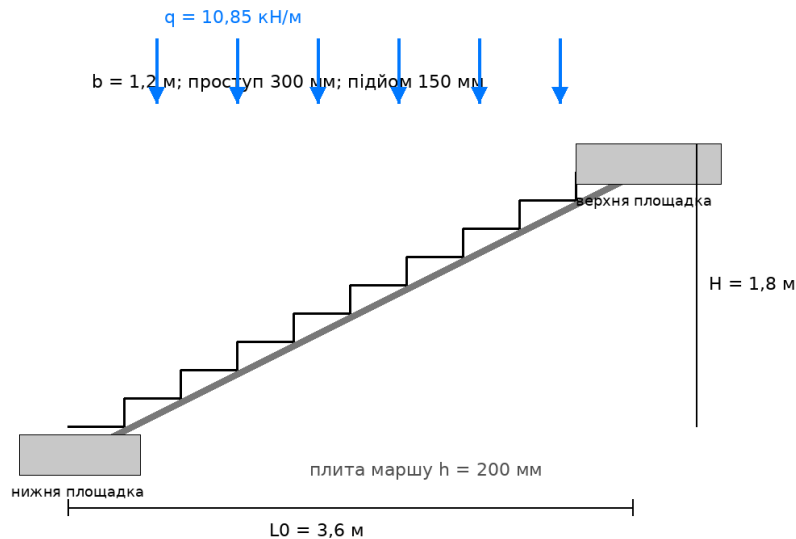


Рисунок 3.3.6 – Розрахункова схема монолітного сходового маршу

### 3.3.6.2 Вихідні дані для розрахунку

Розрахунок виконується для одного типового монолітного залізобетонного сходового маршу. Марш розглядається як похила залізобетонна плита, що спирається на сходові площадки. Для інженерного розрахунку приймається спрощена балкова схема із рівномірно розподіленим навантаженням по довжині маршу.

Таблиця 3.3.7 – Вихідні дані для розрахунку сходового маршу

Показник	Позначення	Значення
Ширина сходового маршу	b	1,20 м
Товщина плити маршу	h	0,20 м
Ширина проступу	a	0,30 м
Висота підйому сходинок	r	0,15 м
Розрахункова довжина прольоту	l <sub>0</sub>	3,60 м
Клас бетону	-	C20/25
Клас робочої арматури	-	A500C
Клас розподільної арматури	-	A240C
Захисний шар бетону	c	25 мм

У розрахунку прийнято бетон класу C20/25, що узгоджується з конструктивними рішеннями надземної частини будівлі. Робоча поздовжня арматура приймається класу A500C, а розподільна арматура - класу A240C. Таке поєднання забезпечує достатню несучу здатність і технологічність армування.

### 3.3.6.3 Визначення навантажень на сходовий марш

Під час розрахунку враховуються постійні навантаження від власної ваги плити маршу та бетонних сходинок, а також тимчасове корисне навантаження від людей під час експлуатації. Навантаження приводиться до 1 погонного метра ширини сходового маршу.

Власна вага плити маршу визначається за формулою:

$$q_{пл} = h \cdot b \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f$$

де  $h = 0,20$  м - товщина плити;  $b = 1,20$  м - ширина маршу;  $\gamma_b = 25$  кН/м<sup>3</sup> - питома вага залізобетону;  $\gamma_f = 1,10$  - коефіцієнт, що враховує умови

виготовлення монолітної конструкції.

$$q_{пл} = 0,20 \cdot 1,20 \cdot 25 \cdot 1,10 = 6,60 \text{ кН/м}$$

Вихідний текст містив значення 6,475 кН/м, отримане через перерахунок із кілограмів у кілоньютони. У подальшому розрахунку для узгодженості з нормативною системою одиниць приймаємо  $q_{пл} = 6,60 \text{ кН/м}$ .

Вага сходинок визначається з урахуванням геометрії одного трикутного елемента. Для спрощеного розрахунку допускається приймати усереднене навантаження від сходинок за об'ємом бетону на 1 погонний метр маршу. За вихідними даними приймаємо:  $q_{сх} = 4,37 \text{ кН/м}$

Корисне тимчасове навантаження для сходів житлового будинку приймається  $3,0 \text{ кН/м}^2$ . Для маршу шириною  $1,20 \text{ м}$ :  $q_{тим} = 3,0 \cdot 1,20 = 3,60 \text{ кН/м}$

Сумарне нормативне навантаження на 1 погонний метр маршу становить:

$$q_{\Sigma,н} = q_{пл} + q_{сх} + q_{тим} = 6,60 + 4,37 + 3,60 = 14,57 \text{ кН/м}$$

Для розрахунку міцності приймаємо розрахункове навантаження з урахуванням коефіцієнтів надійності: для постійних навантажень  $\gamma_f = 1,10$ , для тимчасового навантаження  $\gamma_f = 1,30$ .

$$q_{\Sigma} = (6,60 + 4,37) \cdot 1,10 + 3,60 \cdot 1,30 = 16,75 \text{ кН/м}$$

Таблиця 3.3.8 – Збір навантажень на сходовий марш

Вид навантаження	Нормативне, кН/м	Коефіцієнт $\gamma_f$	Розрахункове, кН/м
Власна вага плити маршу	6,60	1,10	7,26
Власна вага сходинок	4,37	1,10	4,81
Тимчасове корисне навантаження	3,60	1,30	4,68
Разом	14,57	-	16,75

За результатами збору навантажень встановлено, що найбільшу частку становить власна вага залізобетонної плити та сходинок. Сумарне розрахункове навантаження 16,75 кН/м використовується для визначення згинального моменту та поперечної сили в розрахунковому перерізі маршу.

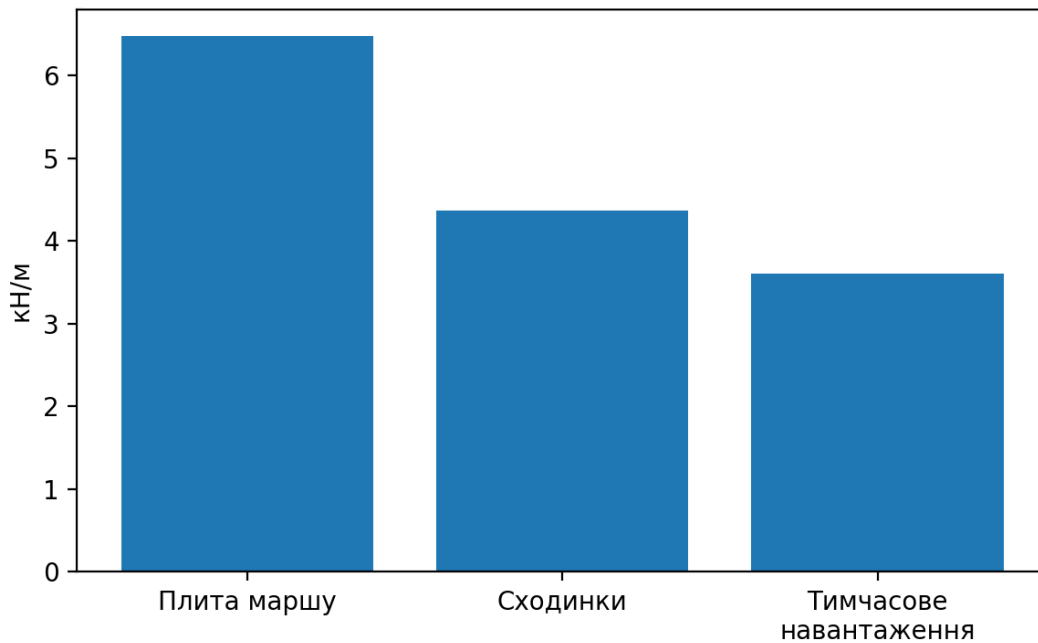


Рисунок 3.3.9 – Склад навантаження на монолітний сходовий марш

#### 3.3.6.4 Визначення внутрішніх зусиль у сходовому марші

Сходовий марш у розрахунковій схемі розглядається як однопролітна залізобетонна плита, шарнірно оперта на сходові площадки. Максимальний згинальний момент при рівномірно розподіленому навантаженні визначається за формулою:  $M_{\max} = q \Sigma \cdot l^2 / 8$

$$M_{\max} = 16,75 \cdot 3,60^2 / 8 = 27,14 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Максимальна поперечна сила біля опори визначається за формулою:

$$Q_{\max} = q \Sigma \cdot l / 2$$

$$Q_{\max} = 16,75 \cdot 3,60 / 2 = 30,15 \text{ кН}$$

Отримані значення внутрішніх зусиль є вихідними для підбору робочої

арматури. Згинальний момент сприймається нижньою робочою арматурою маршу, а поперечна сила перевіряється за несучою здатністю бетонного перерізу та конструктивним армуванням.

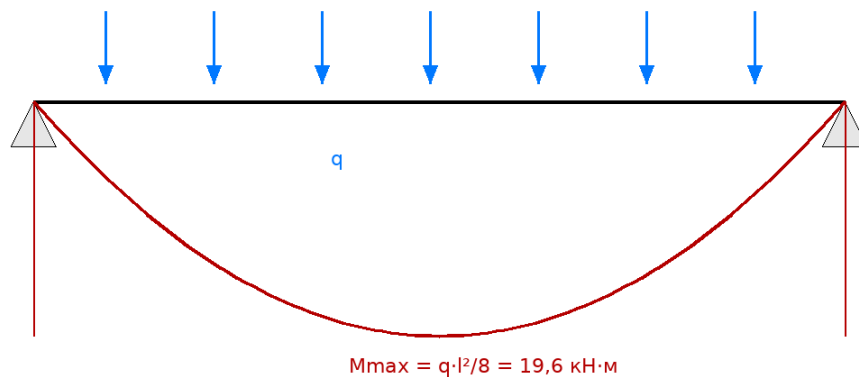


Рисунок 3.3.7 – Розрахункова епюра згинальних моментів сходового маршу

### 3.3.6.5 Підбір робочої арматури сходового маршу

Підбір робочої арматури виконується за згинальним моментом у середині прольоту. Для розрахунку приймаємо ширину розрахункової смуги  $b = 1200$  мм, товщину плити  $h = 200$  мм, захисний шар бетону  $c = 25$  мм. Діаметр робочої арматури попередньо приймаємо 12 мм.

$$h_0 = h - c - d/2 = 200 - 25 - 12/2 = 169 \text{ мм}$$

Потрібна площа робочої арматури визначається за наближеною формулою:

$$A_{s, \text{req}} = M / (R_s \cdot z)$$

де  $M = 27,14 \text{ кН}\cdot\text{м} = 27,14 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ ;  $R_s = 435 \text{ МПа}$  - розрахунковий опір арматури А500С;  $z = 0,9h_0 = 0,9 \cdot 169 = 152 \text{ мм}$ .

$$A_{s, \text{req}} = 27,14 \cdot 10^6 / (435 \cdot 152) = 411 \text{ мм}^2$$

Приймаємо нижню робочу арматуру Ø12 А500С з кроком 150 мм. Площа одного стрижня Ø12 становить 113 мм<sup>2</sup>. Кількість стрижнів на ширину 1,20 м:  $n = 1200 / 150 + 1 \approx 9$  шт.

$$A_{s,prov} = 9 \cdot 113 = 1017 \text{ мм}^2$$

Прийнята площа армування перевищує необхідну:  $1017 \text{ мм}^2 > 411 \text{ мм}^2$ . Такий запас пояснюється необхідністю забезпечення тріщиностійкості, надійного анкерування в сходові площадки та дотримання конструктивних вимог до монолітних сходових маршів.

Таблиця 3.3.9 – Підбір робочої арматури сходового маршу

Показник	Значення
Розрахунковий момент $M_{max}$	27,14 кН·м
Робоча висота перерізу $h_0$	169 мм
Розрахунковий опір арматури $R_s$	435 МПа
Необхідна площа арматури $A_{s,req}$	411 мм <sup>2</sup>
Прийнята арматура	Ø12 А500С, крок 150 мм
Фактична площа $A_{s,prov}$	1017 мм <sup>2</sup>
Висновок	умова міцності виконується

Розподільну арматуру приймаємо Ø8 А240С з кроком 200 мм. Вона забезпечує просторову роботу арматурної сітки, сприймає температурно-усадкові деформації та фіксує положення робочих стрижнів під час бетонування.

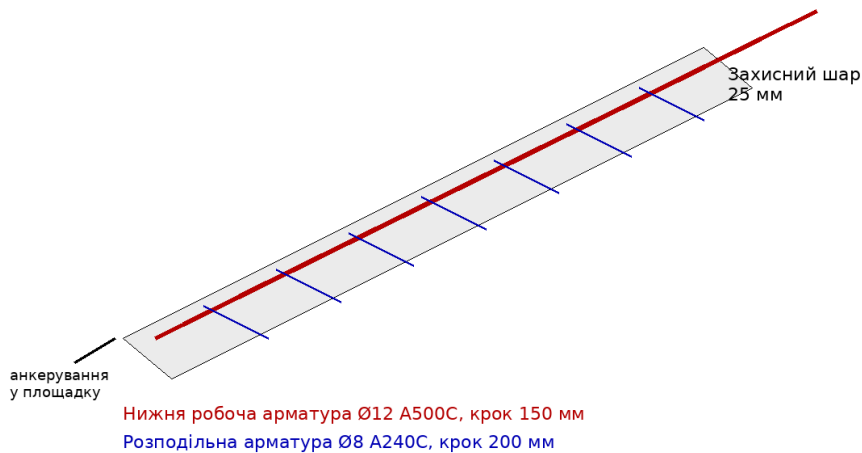


Рисунок 3.3.8 – Схема армування монолітного сходового маршу

### 3.3.6.6 Перевірка прогину та конструктивні вимоги

Для попередньої оцінки жорсткості сходового маршу перевіряється співвідношення розрахункового прольоту до товщини плити:

$$l_0 / h = 3600 / 200 = 18$$

Для монолітних залізобетонних плит таке співвідношення є допустимим, оскільки не перевищує орієнтовні граничні значення для елементів, що працюють на згин. Отже, прийнята товщина плити 200 мм забезпечує необхідну жорсткість сходового маршу.

Анкерування робочої арматури передбачається у тіло сходових площадок. Захисний шар бетону приймається не менше 25 мм. У приопорних зонах допускається встановлення додаткових верхніх стрижнів для сприйняття місцевих згинальних моментів і забезпечення надійної сумісної роботи маршу з площадками.

### 3.3.6.7 Використання результатів розрахунку в SCAD

Розрахунок сходового маршу може бути уточнений у програмному комплексі SCAD Office. При цьому марш моделюється як пластинчастий елемент з призначенням матеріалу «залізобетон C20/25». Навантаження від власної ваги, сходинок і корисного навантаження задається як рівномірно розподілене по поверхні або у вигляді приведеного лінійного навантаження.

За результатами скінченно-елементного розрахунку визначаються згинальні моменти, поперечні сили, переміщення та необхідна площа армування в нижній і верхній зонах. Отримані вище аналітичні результати можуть використовуватися як контрольна перевірка даних SCAD і як основа для оформлення конструктивної частини магістерської роботи.

У підрозділі виконано розрахунок монолітного залізобетонного сходового маршу житлового будинку. Обґрунтовано застосування монолітної конструкції, визначено вихідні геометричні параметри, виконано збір навантажень, визначено згинальний момент і поперечну силу, підібрано робочу та розподільну арматуру.

За результатами розрахунку прийнято нижню робочу арматуру Ø12 A500C з кроком 150 мм та розподільну арматуру Ø8 A240C з кроком 200 мм. Прийнята товщина плити маршу 200 мм забезпечує необхідну міцність і жорсткість конструкції. Запроектований сходовий марш відповідає вимогам надійності, довговічності та безпеки експлуатації.

### **3.4 Технологічне та організаційне забезпечення зведення багатоповерхового монолітно-каркасного житлового будинку**

#### **3.4.1 Організаційно-технологічна підготовка будівельного майданчика до виконання будівельно-монтажних робіт**

Організаційно-технологічна підготовка будівництва є початковим етапом реалізації інвестиційно-будівельного проєкту та передбачає створення необхідних умов для безпечного, безперервного й ефективного виконання будівельно-монтажних робіт. Якість виконання підготовчих заходів значною мірою визначає ритмічність будівництва, рівень використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, а також загальну тривалість реалізації проєкту.

Для об'єкта дослідження - 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку з підземною частиною - підготовчий період виконується відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016, ДБН А.3.2-2:2009, Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» та чинної проєктної документації.

На етапі підготовки будівництва здійснюється комплекс організаційних заходів, спрямованих на забезпечення нормативно-правових, технічних та ресурсних передумов для початку будівельних робіт. До складу організаційної підготовки входять:

- отримання дозвільної документації на виконання будівельних робіт;
- розроблення та погодження проєкту виконання робіт;
- формування структури управління будівництвом;
- укладання договорів із постачальниками матеріалів та субпідрядними організаціями;
- організація системи технічного та авторського нагляду;
- розроблення заходів з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного

захисту;

- визначення потреби в трудових, матеріальних та машинних ресурсах;
- організація системи контролю якості будівельно-монтажних робіт.

Після завершення організаційної підготовки виконуються безпосередні підготовчі роботи на будівельному майданчику.

На першому етапі здійснюється інженерна підготовка території будівництва. Вона включає геодезичне винесення в натуру основних осей будівлі, закріплення реперів і створення геодезичної розбивочної основи. Геодезичні роботи виконуються з використанням електронних тахеометрів та GNSS-обладнання, що забезпечує необхідну точність прив'язки об'єкта.

Наступним етапом є підготовка земельної ділянки. Виконується очищення території від рослинності, сміття та сторонніх предметів, демонтаж існуючих елементів благоустрою, видалення родючого шару ґрунту з його подальшим складуванням для використання під час завершального благоустрою території.

Враховуючи значні розміри будівлі та необхідність роботи баштового крана, виконується вертикальне планування території. Планування забезпечує створення необхідних відміток для розміщення будівельних машин, організації транспортних потоків і відведення поверхневих вод. Проектні ухили території приймаються в межах 0,5-3 %, що забезпечує ефективне водовідведення під час атмосферних опадів.

Важливою складовою підготовчого періоду є влаштування тимчасової огорожі будівельного майданчика. Огорожа встановлюється по периметру ділянки та обладнується контрольно-пропускними пунктами, інформаційними стендами, попереджувальними знаками безпеки та системою зовнішнього освітлення.

Для забезпечення функціонування будівельного майданчика створюється

система тимчасових будівель і споруд. До її складу входять:

- адміністративно-побутовий комплекс;
- приміщення виконроба;
- роздягальні та кімнати відпочинку працівників;
- санітарно-побутові приміщення;
- склади інструменту та малоцінного обладнання;
- майданчики для складування арматури, опалубки та будівельних матеріалів.

Особлива увага приділяється організації складського господарства. Для монолітного будівництва характерне значне використання арматури, великощитової опалубки, бетонної суміші та допоміжних матеріалів. Тому складські майданчики розміщуються в зоні обслуговування баштового крана з урахуванням мінімізації внутрішньомайданчикових перевезень.

Для забезпечення безперебійного виконання будівельних робіт на майданчик підводяться тимчасові інженерні мережі. До їх складу входять мережі електропостачання, технічного водопостачання, каналізації та зовнішнього освітлення. Електропостачання забезпечує роботу баштового крана, бетонного обладнання, зварювальних постів, засобів освітлення та побутових приміщень.

З метою організації безпечного руху транспорту виконуються роботи з улаштування тимчасових автомобільних доріг. Конструкція доріг передбачає використання щибеневої основи, що забезпечує необхідну несучу здатність для руху вантажних автомобілів, автобетонозмішувачів та автокранів.

Враховуючи наявність підземної частини будівлі та виконання пальових робіт, на підготовчому етапі також передбачаються заходи щодо контролю стану ґрунтових вод та організації поверхневого водовідведення. За

необхідності можуть застосовуватися тимчасові дренажні системи та водовідвідні канали.

Завершальним етапом підготовчого періоду є приймання будівельного майданчика комісією замовника та генерального підрядника, після чого виконується передача фронту робіт для розроблення котловану, улаштування пального поля та подальшого зведення підземної частини будівлі.

Комплекс організаційно-технологічних заходів підготовчого періоду забезпечує створення необхідних умов для ритмічного та безпечного виконання будівельно-монтажних робіт, раціонального використання матеріально-технічних ресурсів і дотримання нормативних строків будівництва багатопверхового монолітно-каркасного житлового будинку.

### **3.4.2 Організація потокового виконання будівельно-монтажних робіт при зведенні 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку**

#### *Загальні положення*

Для зведення проектного 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку прийнято потоковий метод організації будівельного виробництва. Такий метод забезпечує ритмічне виконання робіт, рівномірне використання трудових ресурсів, машин і механізмів, а також скорочення загальної тривалості будівництва. Особливо ефективним потоковий метод є для будівель із повторюваною поверховістю та однотипними конструктивними рішеннями, до яких належить досліджуваний об'єкт. Застосування великощитової опалубки, обраної за результатами дослідницької частини, додатково підвищує ефективність потокової організації робіт.

#### *Принципи потокового методу*

Сутність потокового методу полягає у поділі будівлі на захватки та

послідовному переміщенні спеціалізованих бригад між ними через певний проміжок часу. При цьому кожна бригада виконує обмежений перелік операцій, що забезпечує підвищення продуктивності праці, покращення якості робіт та скорочення втрат робочого часу. Основними принципами є спеціалізація, ритмічність, безперервність і паралельність виконання процесів.

#### *Поділ будівлі на захватки*

Враховуючи геометричні розміри будівлі 40,2×19,8 м та конструктивну схему монолітного каркаса, кожний поверх доцільно поділити на дві рівновеликі захватки. Межі захваток проходять по конструктивних осях будівлі. Такий поділ забезпечує можливість одночасного виконання різних технологічних процесів на окремих ділянках поверху та дозволяє раціонально використовувати комплект великощитової опалубки.

#### *Розрахунок параметрів потоку*

Для організації потоку приймаються такі параметри: кількість захваток  $n = 2$ ; кількість поверхів  $N = 16$ ; такт потоку  $t = 6$  діб.

Тривалість виконання робіт на одному типовому поверсі визначається за формулою:  $T_{\text{пов}} = n \cdot t = 2 \cdot 6 = 12$  діб.

Тривалість зведення надземної частини будівлі:

$$T = (N + n - 1) \cdot t = (16 + 2 - 1) \cdot 6 = 102 \text{ доби.}$$

Таблиця 3.4.2.1 – Основні параметри потокового будівництва

Параметр	Позначення	Значення
Кількість поверхів	N	16
Кількість захваток	n	2
Такт потоку	t	6 діб
Тривалість поверху	T <sub>пов</sub>	12 діб
Тривалість каркаса	T	102 доби

### *Організація спеціалізованих бригад*

Для реалізації потокового методу формується комплекс спеціалізованих бригад: опалубники, арматурники, бетонярі та допоміжні робітники. Закріплення окремих видів робіт за постійними виконавцями сприяє підвищенню продуктивності праці та покращенню якості монолітних робіт.

Таблиця 3.4.2.2 – Спеціалізована бригада

Бригада	Основні роботи	Чисельність, осіб	Примітка
Опалубники	Монтаж і демонтаж опалубки	8	Великощитова система
Арматурники	Встановлення арматури	10	Каркаси і сітки
Бетонярі	Укладання бетонної суміші	6	Робота з бетононасосом
Допоміжні	Догляд за бетоном	4	Забезпечення потоку

### *Технологічний цикл типового поверху*

Технологічний цикл зведення одного поверху включає монтаж опалубки вертикальних конструкцій, армування колон і діафрагм жорсткості, бетонування вертикальних елементів, монтаж опалубки перекриття, армування плити перекриття, бетонування перекриття та перестановку комплекту опалубки на наступну захватку.

Завдяки використанню великощитової опалубки тривалість циклу поверху скорочується, а якість бетонних поверхонь підвищується.

### *Техніко-економічні переваги потокового методу*

Потокова організація будівництва дозволяє скоротити календарну тривалість робіт, забезпечити рівномірне використання баштового крана та бетононасоса, зменшити простой робітників і підвищити рівень механізації процесів. Для монолітного житлового будинку застосування потокового

методу є найбільш раціональним організаційно-технологічним рішенням.

Порівняно з послідовним методом виконання робіт досягається скорочення строків будівництва на 15–20 %, підвищується оборотність опалубки та зменшуються непродуктивні витрати часу.

Для зведення 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку прийнято потоковий метод організації будівництва з поділом поверху на дві технологічні хватки. Розраховані параметри потоку підтверджують ефективність використання великощитової опалубки та спеціалізованих бригад. Запропонована схема забезпечує ритмічність виконання робіт, скорочення тривалості будівництва та раціональне використання матеріально-технічних ресурсів.

### **3.4.3 Технологічне забезпечення виконання основних будівельно-монтажних процесів при зведенні монолітно-каркасного житлового будинку**

Технологія виконання будівельно-монтажних робіт визначає послідовність, способи та організаційно-технічні рішення щодо зведення об'єкта будівництва. Для проєктованого 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку прийнято комплексну технологію будівництва, що передбачає потокове виконання робіт із застосуванням сучасних засобів механізації, великощитової опалубки, монолітного залізобетону та високопродуктивних будівельних машин.

Технологічна схема зведення будівлі включає такі основні етапи:

- підготовчі роботи;
- земляні роботи;
- улаштування пальового фундаменту;
- влаштування монолітного ростверку;
- зведення монолітного каркаса;

- улаштування зовнішніх і внутрішніх огорожувальних конструкцій;
- виконання покрівельних робіт;
- монтаж інженерних систем;
- оздоблювальні роботи;
- благоустрій території.

Розглянемо технологію виконання основних видів робіт більш детально.

#### 3.4.3.1 Технологія виконання земляних робіт

Земляні роботи є початковим етапом будівництва та передбачають підготовку території, розроблення котловану під фундаментну плиту та прокладання інженерних мереж.

Перед початком робіт здійснюється геодезичне винесення в натуру основних осей будівлі та меж котловану. Після цього виконується зрізання родючого шару ґрунту товщиною 0,20-0,30 м з його подальшим складуванням для використання під час благоустрою території.

Планування майданчика виконується бульдозером потужністю 96 кВт. Ущільнення ґрунту здійснюється електротрамбівками та самохідними котками до досягнення коефіцієнта ущільнення не менше 0,95.

Розроблення котловану здійснюється однокішневим гідравлічним екскаватором із місткістю ковша 0,5 м<sup>3</sup>. Ґрунт завантажується безпосередньо в автосамоскиди вантажопідйомністю 10-15 т та вивозиться за межі будівельного майданчика.

Таблиця 3.4.6 – Основні машини для виконання земляних робіт

Найменування машини	Марка	Основне призначення
Бульдозер	ДЗ-101А	Планування території
Екскаватор	ЕО-3322	Розроблення котловану
Автосамоскид	КамАЗ-5511	Вивезення ґрунту
Електротрамбівка	ІЕ-4504	Ущільнення ґрунту

Застосування комплексної механізації дозволяє значно скоротити тривалість виконання земляних робіт та забезпечити необхідну якість підготовки основи під фундамент.

#### 3.4.3.2 Технологія улаштування вдавлюваних паль

Враховуючи інженерно-геологічні умови майданчика та значні навантаження від 16-поверхової будівлі, фундамент запроєктовано на вдавлюваних залізобетонних палях.

На відміну від ударного методу занурення, технологія статичного вдавлювання забезпечує мінімальний рівень шуму та вібрацій, що є особливо важливим в умовах щільної міської забудови.

Технологічний процес складається з таких операцій:

- 1) Геодезичне винесення місць розташування паль.
- 2) Підготовка робочого майданчика.
- 3) Доставка та складування паль.
- 4) Установлення палі в проектне положення.
- 5) Контроль вертикальності.
- 6) Статичне вдавлювання палі.
- 7) Геодезичний контроль положення палі.
- 8) Оформлення виконавчої документації.

Для виконання робіт застосовується установка статичного вдавлювання типу СВУ-В-6.

Контроль якості палевих робіт здійснюється шляхом:

- перевірки геометричних параметрів паль;
- контролю глибини занурення;
- контролю величини вдавлювального зусилля;
- виконавчої геодезичної зйомки.

Перевагами прийнятої технології є висока точність розташування паль,

відсутність динамічних впливів на навколишні будівлі та можливість роботи в обмежених умовах міської забудови.

#### 3.4.3.3 Технологія влаштування монолітного ростверку

Після завершення пальових робіт виконується влаштування монолітного залізобетонного ростверку, який об'єднує палі в єдину просторову систему та забезпечує рівномірний розподіл навантажень.

Технологія виконання робіт передбачає:

- очищення котловану;
- улаштування бетонної підготовки;
- монтаж опалубки;
- монтаж арматурних каркасів;
- бетонування;
- догляд за бетоном;
- демонтаж опалубки.

Для бетонування використовується бетон класу С20/25 із рухливістю П4.

Подача бетонної суміші здійснюється автобетонозмішувачами та бетононасосом.

Особлива увага приділяється забезпеченню захисного шару бетону, який приймається не менше 40 мм.

Таблиця 3.4.7 – Контроль якості робіт під час улаштування ростверку

Контрольований параметр	Спосіб контролю
Положення опалубки	Геодезичний контроль
Розташування арматури	Візуальний контроль
Рухливість бетону	Випробування конуса
Міцність бетону	Контрольні кубики

#### 3.4.3.4 Технологія зведення монолітного каркаса із застосуванням великощитової опалубки

Основним конструктивним елементом будівлі є монолітний залізобетонний каркас, який складається з колон, діафрагм жорсткості та плит перекриття.

Для виконання монолітних робіт використовується великощитова опалубка, ефективність якої була підтверджена в дослідницькій частині роботи.

Технологічний цикл одного поверху включає:

- 1) Монтаж великощитової опалубки колон і діафрагм.
- 2) Встановлення арматурних каркасів.
- 3) Бетонування вертикальних конструкцій.
- 4) Розпалублення.
- 5) Монтаж опалубки перекриття.
- 6) Армування плити перекриття.
- 7) Бетонування перекриття.

Перестановку опалубки на наступну захватку.

Подача матеріалів здійснюється баштовим краном ROTAIN MDT 205.

Бетонування конструкцій виконується за допомогою автобетононасоса.

Застосування великощитової опалубки дозволяє:

- скоротити трудомісткість робіт;
- підвищити якість бетонної поверхні;
- збільшити оборотність опалубки;
- скоротити тривалість циклу поверху до 6 діб.

#### 3.4.3.5 Технологія бетонування монолітних перекриттів

Бетонування перекриттів виконується після завершення монтажу опалубки та армування.

Перед початком робіт перевіряються:

- геометричні розміри опалубки;
- правильність встановлення арматури;
- наявність закладних деталей;
- надійність кріплення опалубки.

Укладання бетонної суміші здійснюється смугами шириною 1,5-2,0 м із поступовим переміщенням уздовж фронту робіт.

Ущільнення бетону виконується глибинними вібраторами типу ІВ-47А.

Товщина шару бетонної суміші становить 15-30 см.

Після завершення бетонування поверхня накривається поліетиленовою плівкою та систематично зволожується протягом 7 діб.

Для забезпечення безпеки виконання робіт пересування по арматурі допускається лише по спеціальних інвентарних містках.

#### 3.4.3.6 Технологія мурування зовнішніх і внутрішніх стін

Після досягнення каркасом необхідної міцності виконується влаштування зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Зовнішні стіни виконуються з газобетонних блоків розміром 625×300×200 мм щільністю D400.

Кладка виконується потоковим методом комплексною бригадою мулярів.

Для вертикального транспортування матеріалів використовується баштовий кран РОТАІN МDT 205.

Будівлю поділено на дві захватки, а поверхи додатково розбиваються на три робочі яруси.

Після завершення кладки виконується утеплення фасадів мінераловатними плитами Fasrock товщиною 50 мм із подальшим нанесенням тонкошарової штукатурки.

Таблиця 3.4.8 – Основні характеристики зовнішньої стіни

Шар конструкції	Товщина, мм
Штукатурка	8
Утеплювач Fasrock	50
Газобетон D400	300
Внутрішня штукатурка	20

Для зведення 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку прийнято комплексну технологію виконання будівельно-монтажних робіт із використанням сучасних засобів механізації та великощитової опалубки. Технологічні рішення охоплюють усі основні етапи будівництва: від виконання земляних робіт та влаштування пальових фундаментів до бетонування монолітного каркаса і мурування зовнішніх стін. Запропонована технологія забезпечує високу якість будівельної продукції, скорочення трудомісткості робіт та дотримання нормативних строків будівництва.

#### **3.4.4 Розроблення та оптимізація календарного плану будівництва житлового будинку**

Календарне планування є одним із ключових етапів організаційно-технологічного проєктування будівництва, оскільки визначає раціональну послідовність виконання будівельно-монтажних робіт, строки їх виконання, потребу в трудових, матеріально-технічних та фінансових ресурсах, а також забезпечує узгоджену роботу всіх учасників будівельного процесу.

Основним завданням календарного плану є встановлення економічно та технологічно обґрунтованої тривалості будівництва об'єкта із забезпеченням безперервності виконання робіт, рівномірного використання ресурсів і дотримання вимог нормативних документів щодо якості та безпеки будівництва.

Для проєктованого 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку календарний план розробляється відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016, ДСТУ Б А.3.1-22:2013 та інших чинних нормативних документів у сфері організації будівництва.

Вихідними даними для складання календарного графіка є:

- архітектурно-будівельні креслення;
- результати конструктивних розрахунків;
- технологічні карти на основні види робіт;
- відомості обсягів робіт;
- нормативні показники трудомісткості;
- графіки постачання матеріалів і конструкцій;
- дані про склад будівельних машин та механізмів;
- прийняті організаційно-технологічні рішення.

Розроблення календарного графіка здійснюється в декілька послідовних етапів.

На першому етапі формується номенклатура робіт, яка охоплює весь комплекс будівельно-монтажних процесів від підготовчого періоду до благоустрою території. Для кожного виду робіт визначаються фізичні обсяги, що є основою для подальшого розрахунку трудомісткості та тривалості виконання.

На другому етапі здійснюється вибір технології виконання робіт та провідних будівельних машин. Для виконання земляних робіт прийнято екскаватор ЕО-3322 та бульдозер ДЗ-101А. Монтажні та вантажно-розвантажувальні операції виконуються баштовим краном ROTAIN MDT 205. Бетонування монолітних конструкцій здійснюється за допомогою автобетононасоса.

На третьому етапі визначаються трудові витрати для кожного виду робіт

відповідно до діючих кошторисних норм.

Тривалість виконання ручних процесів визначається за формулою:

$$T_p = Q / (n \cdot m)$$

де:

Q – трудомісткість робіт, люд.-дн.;

n – кількість робітників у бригаді; m – кількість змін.

Для механізованих процесів тривалість виконання робіт визначається за формулою:  $T_m = M / (N_m \cdot m)$

де:

M – машиномісткість процесу, маш.-зм.;

$N_m$  – кількість машин;

m – кількість змін роботи.

Після визначення тривалості окремих процесів встановлюється технологічна послідовність їх виконання та можливість суміщення робіт у часі.

Для досліджуваного об'єкта прийнято потоковий метод організації будівництва з поділом поверху на дві технологічні захватки. Таке рішення дозволяє забезпечити ритмічне виконання монолітних робіт і максимально ефективно використання великощитової опалубки.

Структура календарного плану включає такі основні цикли:

- Підготовчий період.
- Земляні роботи та влаштування котловану.
- Улаштування пальового фундаменту.
- Влаштування монолітного ростверку.
- Зведення монолітного каркаса.
- Улаштування зовнішніх стін.
- Покрівельні роботи.

- Монтаж інженерних систем.
- Внутрішні оздоблювальні роботи.
- Зовнішнє опорядження фасадів.
- Благоустрій території.

Таблиця 3.4.9 – Основні цикли будівництва

№	Найменування циклу	Частка у загальній тривалості, %
1	Підготовчий період	5
2	Нульовий цикл	18
3	Монолітний каркас	35
4	Стіни та фасади	12
5	Інженерні системи	10
6	Оздоблення	15
7	Благоустрій	5

Аналіз таблиці показує, що найбільшу частку в загальній тривалості будівництва займає зведення монолітного каркаса. Саме цей етап є визначальним для загального строку реалізації проекту, тому його організації приділяється особлива увага.

Календарний графік формується таким чином, щоб максимально сумістити процеси у часі. Наприклад, монтаж інженерних мереж починається ще до завершення всіх загальнобудівельних робіт, а фасадні роботи виконуються паралельно з внутрішнім оздобленням.

Важливим елементом календарного планування є графік руху робочої сили. Його основною метою є забезпечення рівномірного завантаження працівників протягом усього періоду будівництва.

Коефіцієнт нерівномірності використання трудових ресурсів визначається за формулою:  $K_n = N_{max} / N_{сер}$

де:

$N_{max}$  – максимальна кількість працівників на об'єкті;

$N_{сер}$  – середня кількість працівників.

Для якісно розробленого календарного плану значення коефіцієнта нерівномірності повинно наближатися до одиниці.

Окрім графіка робочої сили, календарний план передбачає розроблення графіків потреби в основних будівельних машинах, транспортних засобах, бетонній суміші, арматурі, опалубці та інших ресурсах.

Для побудови календарного графіка використовується програмний комплекс Microsoft Project, який дозволяє виконати мережеве моделювання, визначити критичний шлях проекту та оптимізувати строки виконання робіт.

Основними критеріями ефективності розробленого календарного плану є:

- мінімальна тривалість будівництва;
- рівномірне використання трудових ресурсів;
- повне завантаження будівельних машин;
- мінімізація простоїв;
- забезпечення нормативної якості робіт;
- дотримання вимог охорони праці;
- можливість своєчасного введення об'єкта в експлуатацію.

Розроблений календарний графік забезпечує раціональну організацію будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку, узгоджує роботу всіх учасників будівельного процесу та створює умови для ефективного використання матеріально-технічних і трудових ресурсів.

### **3.4.5 Розроблення об'єктного будівельного генерального плану та організація будівельного майданчика**

Об'єктний будівельний генеральний план є одним із найважливіших

документів організаційно-технологічного проєктування, який визначає просторову організацію будівельного майданчика на період зведення об'єкта. Основним призначенням будівельного генерального плану є створення безпечних та ефективних умов виконання будівельно-монтажних робіт, забезпечення раціонального використання території будівельного майданчика, оптимізація транспортних потоків та мінімізація непродуктивних витрат часу під час виконання робіт.

Об'єктний будівельний генеральний план розроблено для будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016, ДБН А.3.2-2:2009, чинних норм з охорони праці, пожежної безпеки та організації будівельного виробництва.

Вихідними даними для розроблення будівельного генерального плану стали:

- генеральний план забудови;
- календарний графік виконання робіт;
- технологічні карти на основні будівельні процеси;
- результати розрахунку потреби у трудових ресурсах;
- графіки постачання будівельних матеріалів та конструкцій;
- результати вибору монтажних механізмів;
- рішення щодо охорони праці та пожежної безпеки.

Будівельний генеральний план наведено на аркуші графічної частини проєкту. На ньому відображено всі елементи будівельного господарства, необхідні для забезпечення безперервного процесу будівництва протягом усього періоду виконання робіт.

#### *Організація території будівельного майданчика*

Планування будівельного майданчика виконано з урахуванням геометричних параметрів земельної ділянки, розташування існуючої

забудови, транспортних комунікацій та прийнятої технології зведення монолітного каркаса.

Територія будівництва огорожується суцільною інвентарною огорожею висотою 2,0 м. По периметру майданчика передбачено освітлення, інформаційні щити, попереджувальні знаки та засоби пожежогасіння.

Для забезпечення безперервного транспортного обслуговування на території будівництва передбачено два в'їзди, що дозволяє розділити потоки будівельного транспорту та забезпечити безпечну евакуацію у разі виникнення аварійної ситуації.

Схема руху транспортних засобів прийнята кільцевою, що виключає необхідність складних маневрів великовантажного транспорту та сприяє підвищенню безпеки руху.

#### *Розміщення монтажних механізмів*

Враховуючи конструктивну схему будівлі, висоту споруди та обсяги монтажних робіт, для виконання основних будівельних процесів прийнято баштовий кран POTAİN MDT 205.

- Розташування баштового крана визначено таким чином, щоб забезпечити:
- обслуговування всієї зони будівництва;
- подачу великощитової опалубки;
- монтаж арматурних каркасів;
- транспортування бетонної суміші;
- подачу стінових матеріалів;
- мінімізацію холостих переміщень вантажів.

Радіус дії крана повністю перекриває площу споруджуваного будинку та основних складських майданчиків.

При розробленні будгєнплану особливу увагу приділено визначенню

небезпечних зон роботи крана. Межі небезпечної зони визначені розрахунком та нанесені на будівельний генеральний план відповідно до вимог нормативних документів.

#### *Організація складського господарства*

Складські майданчики розміщені в зоні обслуговування баштового крана, що дозволяє скоротити витрати часу на внутрішньомайданчикові перевезення.

Для зберігання матеріалів передбачено:

- відкритий склад арматури;
- майданчик складування великощитової опалубки;
- склад газобетонних блоків;
- склад теплоізоляційних матеріалів;
- майданчик для інвентарних виробів;
- склад допоміжних матеріалів.

Розміщення складів виконано з урахуванням послідовності виконання робіт та вимог охорони праці.

Особливу увагу приділено організації складування елементів великощитової опалубки, оскільки вони мають значні габарити та масу. Для їхнього зберігання передбачено окремий спланований майданчик із твердим покриттям.

#### *Тимчасові будівлі та споруди*

Для забезпечення нормальних умов праці та побутового обслуговування працівників на будівельному майданчику передбачено комплекс тимчасових будівель контейнерного типу.

До їх складу входять:

- адміністративно-побутові приміщення;
- гардеробні;

- кімнати відпочинку та приймання їжі;
- санітарно-побутові приміщення;
- медичний пункт;
- приміщення охорони.

Розташування тимчасових споруд виконано поза межами небезпечних зон роботи крана та транспортних шляхів.

#### *Тимчасові інженерні мережі*

Будівельний майданчик забезпечується тимчасовими інженерними мережами, необхідними для виконання будівельно-монтажних робіт.

До складу тимчасових мереж входять:

- електропостачання;
- водопостачання;
- каналізація;
- зовнішнє освітлення;
- пожежне водопостачання.

Підключення здійснюється до існуючих міських мереж відповідно до технічних умов експлуатуючих організацій.

#### *Заходи з охорони праці та пожежної безпеки*

При розробленні будівельного генерального плану враховані вимоги охорони праці та пожежної безпеки.

На будівельному майданчику передбачено:

- огороження небезпечних зон;
- встановлення попереджувальних знаків;
- організацію безпечних маршрутів руху працівників;
- пожежні щити та вогнегасники;
- пожежні проїзди;
- аварійне освітлення;

- засоби колективного захисту працівників.

Розміщення всіх елементів виконано відповідно до чинних нормативних вимог.

Таблиця 3.4.12 – Основні техніко-економічні показники

Показник	Значення
Загальна площа будівельного майданчика	7191 м <sup>2</sup>
Тривалість будівництва	29 місяців
Загальна трудомісткість робіт	38845 люд.-змін
Орієнтовна кошторисна вартість будівництва	158082,227 тис. грн
Кількість баштових кранів	1
Кількість в'їздів на майданчик	2
Кількість технологічних захваток	2

Аналіз наведених показників свідчить про раціональність прийнятих рішень щодо організації будівельного майданчика та забезпечення необхідних умов для виконання будівельно-монтажних робіт.

На основі прийнятих організаційно-технологічних рішень розроблено об'єктний будівельний генеральний план будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку. Розташування монтажних механізмів, складського господарства, тимчасових будівель і транспортних комунікацій забезпечує ефективне використання території будівельного майданчика, безпечне виконання робіт та безперервне постачання матеріально-технічних ресурсів. Прийняті рішення дозволяють створити необхідні умови для виконання будівництва у встановлені календарним графіком строки з дотриманням вимог охорони праці, пожежної безпеки та технологічної дисципліни.

## **3.5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **3.5.1 Організаційно-правові засади забезпечення охорони праці під час будівництва багатопверхового житлового будинку**

Охорона праці є невід'ємною складовою організації сучасного будівельного виробництва та спрямована на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі виконання будівельно-монтажних робіт. Особливої актуальності питання охорони праці набувають під час зведення багатопверхових монолітно-каркасних будівель, де виконуються роботи підвищеної небезпеки, пов'язані з експлуатацією вантажопідіймальних механізмів, виконанням робіт на висоті, використанням електрообладнання та значною концентрацією будівельної техніки на обмеженій території.

Право громадян на належні, безпечні та здорові умови праці гарантовано статтею 43 Конституції України, відповідно до якої кожен має право на умови праці, що відповідають вимогам безпеки та гігієни праці. Основні положення державної політики у сфері охорони праці визначені Законом України «Про охорону праці», який регламентує права та обов'язки роботодавців і працівників, порядок організації системи управління охороною праці, проведення навчання та інструктажів, а також відповідальність за порушення вимог безпеки праці.

Державна політика у сфері охорони праці ґрунтується на таких принципах:

- пріоритет життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності;
- повна відповідальність роботодавця за створення безпечних умов праці;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці на основі державних,

- галузевих та локальних програм;
- соціальний захист працівників, які постраждали внаслідок нещасних випадків або професійних захворювань;
- адаптація трудових процесів до фізичних можливостей працівників;
- впровадження сучасних безпечних технологій і засобів механізації;
- економічне стимулювання роботодавців щодо поліпшення умов праці.

Об'єктом проектування в даній магістерській роботі є 16-поверховий монолітно-каркасний житловий будинок у місті Харків. Технологія його зведення передбачає виконання комплексу робіт підвищеної небезпеки, до яких належать розроблення котловану, улаштування пальових фундаментів, монтаж і перестановка великощитової опалубки, армування та бетонування монолітних конструкцій, виконання робіт на висоті, експлуатація баштового крана та інших будівельних машин.

Аналіз умов праці на будівельному майданчику дозволяє виділити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть негативно впливати на працівників. До них належать можливість падіння працівників з висоти, падіння інструментів та конструкцій, ураження електричним струмом, дія рухомих частин машин і механізмів, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, несприятливі метеорологічні умови та фізичні перевантаження під час виконання окремих технологічних операцій.

З огляду на зазначені особливості будівництва основними завданнями охорони праці при зведенні проєктованого об'єкта є:

- забезпечення безпечної організації будівельного майданчика;
- запобігання виробничому травматизму під час виконання робіт на висоті;
- забезпечення безпечної експлуатації баштового крана та іншої

- будівельної техніки;
- захист працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
  - організація безпечного електропостачання будівельного майданчика;
  - забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
  - дотримання вимог пожежної безпеки та цивільного захисту;
  - створення належних санітарно-побутових умов праці;
  - проведення навчання, інструктажів та перевірки знань з охорони праці.

Вирішення зазначених завдань має важливе соціальне та економічне значення. Соціальний ефект полягає у збереженні життя та здоров'я працівників, підвищенні рівня їхньої безпеки та створенні комфортних умов праці. Економічний ефект досягається за рахунок зниження рівня виробничого травматизму, скорочення втрат робочого часу, зменшення витрат на ліквідацію наслідків аварій і нещасних випадків, а також підвищення продуктивності праці та ефективності будівельного виробництва.

Забезпечення охорони праці під час будівництва багатопверхового монолітно-каркасного житлового будинку є одним із пріоритетних завдань організації будівельного виробництва. Реалізація комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів дозволяє мінімізувати професійні ризики, забезпечити безпечні умови праці та підвищити загальну ефективність будівництва.

### **3.5.2 Аналіз умов праці та ідентифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час зведення багатоповерхового житлового будинку**

Будівництво багатоповерхових монолітно-каркасних будівель належить до видів діяльності з підвищеним рівнем професійного ризику. Значна кількість технологічних процесів виконується в умовах відкритого будівельного майданчика із застосуванням вантажопідіймальних механізмів, електрообладнання, засобів механізації та виконанням робіт на висоті. У зв'язку з цим особливого значення набуває своєчасне виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів та розроблення заходів щодо їх усунення або мінімізації.

Об'єктом дослідження є 16-поверховий монолітно-каркасний житловий будинок у місті Харків. Загальна тривалість будівництва становить 29 місяців, тому виконання робіт охоплює всі пори року, включаючи літній та зимовий періоди. Будівельно-монтажні роботи виконуються переважно в одну зміну, а окремі технологічні процеси, пов'язані з бетонуванням монолітних конструкцій, можуть виконуватись у двозмінному режимі.

Основна частина робіт здійснюється на відкритому повітрі. Максимальна висота робочих місць під час зведення каркаса досягає 48-50 м від рівня землі. Для виконання будівельно-монтажних робіт використовуються баштовий кран POTAİN MDT 205, установка статичного вдавлювання паль, автобетононасоси, екскаватори, автосамоскиди, електрозварювальне обладнання, ручний механізований інструмент та інші будівельні машини.

На будівельному майданчику передбачено адміністративно-побутові приміщення, гардеробні, кімнати для відпочинку та прийому їжі, санітарно-побутові приміщення, медичний пункт, пункти забезпечення питною водою та засобами першої допомоги. Працівники забезпечуються спеціальним

одягом, засобами індивідуального захисту та проходять необхідні інструктажі з охорони праці.

На підставі аналізу прийнятої технології будівництва визначено перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час виконання робіт.

#### Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

До фізичних факторів, характерних для будівництва даного об'єкта, належать:

##### *1. Рухомі машини та механізми*

Даний фактор виникає під час роботи екскаваторів, бульдозерів, автосамоскидів, баштового крана, установки для вдавлювання паль, автобетононасоса та іншої будівельної техніки. Порушення правил безпечної експлуатації може призвести до наїзду на працівників або затискання людей рухомими частинами машин.

##### *2. Рухомі частини виробничого обладнання*

Небезпека виникає під час експлуатації електроінструменту, арматурорізальних верстатів, шліфувальних машин, вібраторів для ущільнення бетонної суміші та іншого обладнання.

##### *3. Переміщення конструкцій, матеріалів та вантажів*

Під час монтажу великощитової опалубки, транспортування арматурних каркасів, бетонної суміші та будівельних матеріалів баштовим краном існує небезпека падіння вантажів або окремих елементів конструкцій.

##### *4. Можливість руйнування конструкцій та обвалення елементів опалубки*

Небезпечний фактор може виникати під час монтажу та демонтажу великощитової опалубки, бетонування вертикальних конструкцій, а також у разі порушення технології виконання робіт.

*5. Підвищена запиленість повітря робочої зони*

Спостерігається під час розроблення ґрунту, різання газобетонних блоків, виконання штукатурних робіт, приготування будівельних сумішей та прибирання території.

*6. Підвищений рівень шуму*

Джерелами шуму є баштовий кран, компресорне обладнання, електроінструмент, вібратори для ущільнення бетону, транспортні засоби та інші механізми.

*7. Підвищений рівень вібрації*

Виникає під час роботи вібраторів для ущільнення бетонної суміші, ущільнювальних машин, електроінструменту та установки статичного вдавлювання паль.

*8. Підвищена або знижена температура повітря робочої зони*

Оскільки будівництво виконується протягом усього року, працівники піддаються впливу високих температур у літній період та низьких температур взимку.

*9. Підвищена напруга в електричному колі*

Небезпека ураження електричним струмом виникає під час експлуатації тимчасових електромереж, електроінструменту, освітлювальних установок та зварювального обладнання.

*10. Недостатня освітленість робочої зони*

Може виникати під час виконання робіт у ранкові та вечірні години, усередині технічних приміщень або в умовах несприятливих погодних явищ.

*11. Розташування робочих місць на значній висоті*

Один із найбільш небезпечних факторів для даного об'єкта. Роботи на висоті виконуються під час монтажу опалубки, армування, бетонування перекриттів, фасадних та покрівельних робіт на висоті до 50 м.

## 12. Гострі кромки, задирки та шорсткості поверхонь

Можуть спричинити травмування працівників під час роботи з арматурою, металевими елементами опалубки та будівельним інструментом.

### Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

До хімічних факторів належать:

- цементний пил під час бетонних та штукатурних робіт;
- продукти згоряння пального будівельної техніки;
- зварювальні аерозолі;
- лакофарбові матеріали під час оздоблювальних робіт;
- розчинники та ґрунтовки;
- бітумні матеріали під час виконання покрівельних робіт.

Зазначені речовини можуть проникати в організм працівників через органи дихання, шкіру або травний тракт та викликати подразнення, алергічні реакції або професійні захворювання.

### Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Біологічні фактори для даного об'єкта мають обмежений характер і можуть проявлятися у вигляді:

- патогенних мікроорганізмів у санітарно-побутових приміщеннях;
- мікроорганізмів у застійних водах та дренажних системах;
- сезонних комах та гризунів на території будівельного майданчика.

Імовірність впливу цих факторів є відносно невисокою, однак вони повинні враховуватися під час організації санітарно-побутового забезпечення працівників.

### Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Для будівництва багатоповерхового житлового будинку характерними є:

- значні фізичні навантаження під час монтажу опалубки та армування;
- статичні навантаження при виконанні монтажних операцій;

- нервово-психічне напруження під час роботи на висоті;
- підвищена відповідальність машиністів баштового крана та стропальників;
- монотонність окремих технологічних процесів;
- емоційне напруження, пов'язане з виконанням робіт підвищеної небезпеки.

Психофізіологічні фактори можуть призводити до швидкої втомлюваності працівників, зниження концентрації уваги та збільшення ризику виникнення нещасних випадків.

Проведений аналіз умов праці на будівельному майданчику дозволив встановити, що найбільшу небезпеку для працівників становлять роботи на висоті, експлуатація баштового крана, переміщення вантажів, використання електрообладнання, вплив шуму, вібрації та пилу. Виявлені небезпечні та шкідливі виробничі фактори будуть використані в подальших підрозділах для оцінювання професійних ризиків і розроблення комплексу організаційно-технічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику.

### **3.5.3 Забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці під час будівництва багатопверхового монолітно-каркасного житлового будинку**

На підставі проведеного аналізу умов праці та виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів розроблено комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечного виконання будівельно-монтажних робіт під час зведення 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку. Усі рішення прийняті відповідно до вимог ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», Правил охорони праці під час виконання будівельних робіт та

чинних нормативних документів.

#### *Організація безпечної території будівельного майданчика*

Будівельний майданчик протягом усього періоду будівництва огорожується суцільною інвентарною металевою огорожею висотою не менше 2,0 м. Огорожа призначена для запобігання доступу сторонніх осіб до небезпечних виробничих зон та забезпечення контролю за переміщенням людей і транспорту.

Відповідно до вимог нормативних документів мінімальна відстань від огорожі до споруджуваної будівлі приймається не менше 5 м, що забезпечує розміщення тимчасових доріг, проходів для працівників та захисних зон.

На в'їздах до будівельного майданчика встановлюються інформаційні стенди, схема руху транспорту, знаки безпеки та засоби пожежогасіння. Територія обладнується цілодобовою охороною та охоронним освітленням.

#### *Визначення небезпечних зон на будівельному майданчику*

Особливу небезпеку під час будівництва становлять роботи із застосуванням баштового крана та виконанням монтажних операцій на висоті.

До постійно діючих небезпечних зон належать:

- зона роботи баштового крана;
- зона переміщення вантажів;
- місця складування конструкцій;
- електрощитові та трансформаторні установки;
- місця роботи землерийної техніки.

До періодично діючих небезпечних зон належать:

- ділянки монтажу великощитової опалубки;
- місця бетонування конструкцій;
- ділянки виконання фасадних робіт;

- місця встановлення риштувань та підмостків.

Межі небезпечних зон визначаються відповідно до параметрів будівельних машин та механізмів і наносяться на будівельний генеральний план.

По периметру небезпечних зон встановлюються:

- сигнальні огорожі;
- попереджувальні знаки;
- заборонні знаки;
- інформаційні покажчики напрямків руху.

Вхід сторонніх осіб до небезпечних зон забороняється.

#### *Санітарно-побутове забезпечення працівників*

Максимальна чисельність працюючих на будівельному майданчику становить близько 40 осіб. Відповідно до санітарної характеристики будівельних процесів передбачено використання інвентарних мобільних побутових приміщень контейнерного типу.

До складу санітарно-побутового комплексу входять:

- гардеробна;
- приміщення для сушіння спецодягу;
- кімната приймання їжі;
- душові кабінки;
- санітарні вузли;
- приміщення для обігріву працівників у зимовий період;
- медична аптечка та пункт надання першої допомоги.

Санітарно-побутові приміщення розташовуються з навітряного боку відносно основних джерел пилу та вихлопних газів, за межами небезпечної зони роботи баштового крана.

Працівники забезпечуються питною водою відповідно до санітарних

норм із розрахунку не менше 3 л на людину за зміну в холодний період та до 5 л у теплий період року.

### *Організація безпечного руху транспорту*

Для забезпечення безпечного руху транспортних засобів на будівельному майданчику прийнята кільцева схема руху автотранспорту.

Перевагами кільцевої схеми є:

- відсутність зустрічних потоків транспорту;
- зменшення кількості маневрів;
- скорочення часу доставки матеріалів;
- підвищення рівня безпеки руху.

На будівельному майданчику передбачено два в'їзди, що забезпечують безперервний рух транспортних засобів та можливість безпечної евакуації в аварійних ситуаціях.

Ширина тимчасових автомобільних доріг приймається:

- при односторонньому русі – 3,5 м;
- при двосторонньому русі – 6,0 м.

Відстань від краю дороги до складських майданчиків приймається не менше 1,0 м, а до споруджуваної будівлі – не менше 1,5 м.

У місцях перетину транспортних і пішохідних потоків встановлюються попереджувальні знаки та огороження.

### *Освітлення будівельного майданчика*

Для забезпечення безпечного виконання робіт у вечірній та нічний час передбачено робоче та охоронне освітлення.

Робоче освітлення використовується:

- під час бетонування конструкцій;
- виконання монтажних робіт;
- роботи складських майданчиків;

- вантажно-розвантажувальних операцій.

Нормована освітленість робочих зон приймається відповідно до вимог ДБН та становить:

- монтажні роботи – не менше 30 лк;
- бетонні роботи – не менше 20 лк;
- складські майданчики – не менше 10 лк;
- проходи та проїзди – не менше 5 лк.

Для освітлення використовуються світлодіодні прожектори потужністю 100-200 Вт, встановлені на інвентарних щоглах висотою 6-8 м.

У неробочий час функціонує охоронне освітлення території з освітленістю не менше 2 лк.

#### *Захист від ураження електричним струмом*

На будівельному майданчику використовується тимчасова система електропостачання напругою 380/220 В.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом передбачаються:

- захисне заземлення всіх металевих неструмоведучих частин обладнання;
- застосування пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ);
- використання кабелів із непошкодженою ізоляцією;
- розміщення електрощитів у закритих шафах;
- використання переносного електроінструменту з подвійною ізоляцією;
- проведення періодичного контролю опору заземлювальних пристроїв.

До роботи з електрообладнанням допускаються лише працівники, які мають відповідну групу з електробезпеки.

#### *Блискавкозахист споруджуваної будівлі*

З урахуванням висоти споруди понад 45 м передбачено тимчасовий

блискавкозахист будівлі на період будівництва.

Для цього використовується блискавкоприймальна система, яка складається з:

- металевого блискавкоприймача;
- струмовідводів;
- контуру заземлення.

У міру зростання висоти будівлі блискавкозахисні пристрої переміщуються відповідно до рівня виконаних робіт.

#### *Безпечна експлуатація баштового крана*

Баштовий кран є основним вантажопідіймальним механізмом на об'єкті та належить до обладнання підвищеної небезпеки.

Для безпечної експлуатації крана передбачаються такі заходи:

- щозмінний технічний огляд;
- обмеження доступу сторонніх осіб до зони роботи крана;
- призначення відповідального за безпечне виконання вантажопідіймальних робіт;
- використання сертифікованих вантажозахоплювальних пристроїв;
- застосування радіозв'язку між машиністом та стропальниками;
- припинення роботи крана при швидкості вітру понад допустимі значення.

Переміщення вантажів над місцями перебування людей не допускається.

#### *Заходи безпеки під час виконання робіт на висоті*

Оскільки висота споруди перевищує 45 м, значна частина робіт виконується на висоті.

Для захисту працівників передбачаються:

- інвентарні огороження робочих зон;
- запобіжні пояси та страхувальні системи;

- захисні сітки;
- спеціальні настили та підмости;
- колективні засоби захисту від падіння предметів.

Працівники, які виконують роботи на висоті, проходять спеціальне навчання та медичний огляд.

*Врахування вимог охорони праці в технологічній документації*

Усі наведені заходи враховані під час розроблення календарного плану будівництва, технологічних карт та будівельного генерального плану.

У технологічних картах передбачено:

- вимоги безпеки до монтажу великощитової опалубки;
- безпечне армування та бетонування конструкцій;
- вимоги до виконання робіт на висоті;
- порядок безпечної експлуатації баштового крана;
- заходи електробезпеки;
- використання засобів індивідуального захисту.

При складанні календарного графіка враховано заборону суміщення робіт у різних ярусах однієї вертикальної площини, а також передбачено час для виконання додаткових заходів безпеки, пов'язаних із монтажем тимчасових огорожень, захисних пристроїв та організацією безпечних робочих місць.

Запропонований комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів забезпечує створення безпечних і нешкідливих умов праці під час будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку. Реалізація зазначених рішень дозволяє знизити рівень професійного ризику, запобігти виробничому травматизму, забезпечити безпечну експлуатацію будівельних машин і механізмів та створити належні санітарно-побутові умови для працюючих на будівельному майданчику.

### **3.5.4 Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях та пожежна безпека під час будівництва багатоповерхового житлового будинку**

#### *Загальні положення щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях*

Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях є важливою складовою системи охорони праці та цивільного захисту під час будівництва об'єктів різного призначення. Особливо актуальним це питання є при спорудженні багатоповерхових житлових будинків, де одночасно виконується значний обсяг будівельно-монтажних робіт із залученням великої кількості працівників, машин, механізмів та технологічного обладнання.

Нормативно-правовою основою забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях є Кодекс цивільного захисту України, ДСТУ 3891:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять», Національний класифікатор ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій», а також Постанова Кабінету Міністрів України №368 від 24.03.2004 р. «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями».

Відповідно до ДСТУ 3891:2013 надзвичайна ситуація визначається як порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території або об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, пожежею, епідемією, застосуванням засобів ураження чи іншою небезпечною подією, що призвела або може призвести до людських і матеріальних втрат.

Безпека в надзвичайних ситуаціях являє собою стан захищеності населення, територій, матеріальних і культурних цінностей від небезпек, які виникають внаслідок надзвичайних ситуацій.

Джерелом надзвичайної ситуації є небезпечне природне явище, аварія,

техногенна подія або інший процес, що може спричинити виникнення надзвичайної ситуації.

Уражальний чинник надзвичайної ситуації – це складова небезпечного явища або процесу, яка безпосередньо впливає на людей, будівлі, споруди та навколишнє середовище.

Уражальна дія надзвичайної ситуації характеризується наслідками впливу небезпечних факторів на людей, техніку та інфраструктуру.

Згідно з ДК 019:2010 надзвичайні ситуації класифікуються за походженням на:

- надзвичайні ситуації техногенного характеру;
- надзвичайні ситуації природного характеру;
- надзвичайні ситуації соціального характеру;
- надзвичайні ситуації воєнного характеру.

За рівнями поширення та можливими наслідками надзвичайні ситуації поділяються на:

- державного рівня;
- регіонального рівня;
- місцевого рівня;
- об'єктового рівня.

Для проєктованого об'єкта найбільш імовірними є надзвичайні ситуації техногенного та воєнного характеру, що обумовлено особливостями будівельного виробництва та сучасними умовами функціонування будівельної галузі України.

*Аналіз стану забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях на об'єкті  
будівництва*

Об'єктом дослідження є 16-поверховий монолітно-каркасний житловий будинок у місті Харків. Будівництво здійснюється із застосуванням

баштового крана, установки статичного вдавлювання паль, автобетононасосів, автотранспортної техніки та значної кількості електрообладнання.

Аналіз умов будівництва показав можливість виникнення таких надзвичайних ситуацій:

- пожежі на будівельному майданчику;
- аварії вантажопідіймальних механізмів;
- обвалення тимчасових конструкцій або елементів опалубки;
- аварії електричних мереж;
- вибухи газових балонів під час виконання зварювальних робіт;
- руйнування конструкцій під дією надзвичайних навантажень;
- ураження працівників небезпечними факторами воєнного характеру.

Для забезпечення безпеки на об'єкті передбачено:

- систему оповіщення працівників;
- плани евакуації персоналу;
- призначення відповідальних осіб за цивільний захист;
- забезпечення засобами індивідуального захисту;
- проведення регулярних інструктажів і тренувань;
- постійний контроль технічного стану будівельних машин та механізмів.

Особлива увага приділяється організації евакуації працівників у разі виникнення надзвичайних ситуацій. На будівельному майданчику визначаються безпечні маршрути виходу та місця збору персоналу.

#### *Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику*

Пожежна безпека будівельного майданчика забезпечується комплексом організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на попередження виникнення пожеж і мінімізацію їх наслідків.

Проектована будівля належить до II ступеня вогнестійкості. Основні несучі конструкції виконані з монолітного залізобетону, який характеризується високою вогнестійкістю та здатністю тривалий час зберігати несучу здатність під впливом високих температур.

Основними джерелами пожежної небезпеки на будівельному майданчику є:

- електрообладнання та тимчасові електромережі;
- зварювальні роботи;
- лакофарбові та гідроізоляційні матеріали;
- паливно-мастильні матеріали;
- дерев'яні елементи опалубки та тари.

Відповідно до вимог пожежної безпеки між споруджуваним будинком і тимчасовими будівлями витримуються нормативні протипожежні розриви не менше 18 м.

Склади горючих матеріалів розміщуються з підвітряного боку відносно адміністративно-побутових приміщень та основних шляхів евакуації.

Будівельний майданчик обладнується кільцевою схемою руху транспорту, що забезпечує безперешкодний проїзд пожежної техніки до будь-якої точки об'єкта.

Ширина тимчасових пожежних проїздів приймається не менше 6 м. Радіус повороту забезпечує можливість маневрування пожежних автомобілів.

Для забезпечення зовнішнього протипожежного водопостачання використовуються існуючі міські водопровідні мережі.

На території будівельного майданчика передбачено встановлення пожежних гідрантів на відстані не більше 100 м один від одного та не ближче 5 м від стін будівель.

Первинні засоби пожежогасіння розміщуються на всіх основних ділянках виконання робіт.

Комплект оснащення включає:

- порошкові вогнегасники ВП-5;
- порошкові вогнегасники ВП-9;
- пожежні щити;
- ящики з піском;
- лопати;
- багри;
- пожежні відра.

Пожежні щити встановлюються біля адміністративно-побутового містечка, складів матеріалів, електрощитових та місць проведення вогневих робіт.

Для виконання газозварювальних і електрозварювальних робіт організовується спеціально обладнаний майданчик, оснащений первинними засобами пожежогасіння та захисними екранами.

На території будівельного майданчика обладнується окремий майданчик для куріння, який розташовується за межами складських зон та місць зберігання горючих матеріалів.

Для оперативного реагування на можливі пожежі забезпечується прямий телефонний зв'язок із пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС.

З метою підвищення рівня пожежної безпеки на будівельному майданчику створюється добровільна пожежна дружина.

До складу добровільної пожежної дружини входять представники адміністративно-технічного персоналу, виконроби, майстри та працівники будівельних бригад, які пройшли відповідне навчання.

Основними завданнями добровільної пожежної дружини є:

- контроль дотримання протипожежного режиму;
- участь у проведенні профілактичних оглядів;
- оперативне реагування при виникненні пожежі;
- евакуація людей із небезпечної зони;
- застосування первинних засобів пожежогасіння до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

Проведений аналіз показав, що під час будівництва багатоповерхового монолітно-каркасного житлового будинку найбільш імовірними є надзвичайні ситуації техногенного характеру, пов'язані з пожежами, аваріями будівельної техніки та електрообладнання. Запропонований комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів забезпечує належний рівень безпеки працівників у надзвичайних ситуаціях, підвищує протипожежний захист будівельного майданчика та сприяє мінімізації можливих матеріальних збитків і людських втрат.

### **3.5.5 Визначення та обґрунтування меж небезпечних зон на будівельному майданчику**

Одним із найважливіших завдань під час організації безпечного виконання будівельно-монтажних робіт є своєчасне визначення та позначення небезпечних зон на будівельному майданчику. Небезпечна зона являє собою простір, у межах якого на працівників можуть впливати небезпечні виробничі фактори, що здатні призвести до травмування, аварійних ситуацій або пошкодження будівельних конструкцій.

Під час будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку основними джерелами небезпеки є виконання робіт на висоті, експлуатація баштового крана, робота землерийних машин, використання електрообладнання та монтаж великорозмірних конструкцій. Межі небезпечних зон визначаються відповідно до вимог ДБН А.3.2-2:2009,

Правил охорони праці під час виконання будівельних робіт та враховуються при розробленні будівельного генерального плану.

#### *Небезпечна зона при виконанні робіт на висоті*

При зведенні надземної частини будівлі основна частина робіт виконується на значній висоті. До таких робіт належать монтаж великощитової опалубки, армування та бетонування колон, стін і перекриттів, улаштування покрівлі та фасадні роботи.

Згідно з нормативними вимогами небезпечна зона визначається як простір під робочими місцями, де існує ймовірність падіння інструментів, матеріалів або елементів конструкцій.

Межа небезпечної зони визначається за формулою:  $P=0.3H$

де:

$P$  – мінімальна відстань від проєкції будівлі до межі небезпечної зони, м;

$H$  – висота можливого падіння предмета, м.

Для проєктованого об'єкта:  $H = 54$  м.

Тоді:  $P = 0,3 \cdot 54 = 16,2$  м.

Отже, навколо будівлі формується небезпечна зона шириною 16,2 м від зовнішнього контуру споруди.

У межах зазначеної території забороняється постійне перебування людей, розташування побутових приміщень та складування матеріалів, не пов'язаних безпосередньо з виконанням робіт.

#### *Небезпечна зона роботи баштового крана*

Основним вантажопідіймальним механізмом на об'єкті є баштовий кран, який використовується для подачі арматури, елементів великощитової опалубки, бетонної суміші та інших будівельних вантажів.

Небезпечна зона роботи крана визначається як територія, в межах якої можливе падіння переміщуваного вантажу або його розгойдування під час

транспортування.

Максимальна межа небезпечної зони визначається за формулою:

$$R_H = R_{\max} + S_{\text{п}}$$

де:

$R_{\max}$  – максимальний виліт стріли крана, м;

$S_{\text{п}}$  – можливий додатковий виліт вантажу при падінні, м.

Величина можливого відльоту вантажу визначається за залежністю:

$$S_{\text{п}} = m(1 - \cos\alpha) + a$$

де:

$m$  – довжина стропа;

$\alpha$  – кут між гілкою стропа та вертикаллю;

$a$  – відстань від центра ваги вантажу до його крайньої точки.

Для умов будівництва приймаємо:

$$m = 8 \text{ м};$$

$$\alpha = 45^\circ;$$

$$a = 6,4 \text{ м}.$$

Тоді:

$$S_{\text{п}} = 8(1 - 0,707) + 6,4 = 8,74 \text{ м}.$$

За максимального вильоту стріли крана 45 м:

$$R_H = 45 + 8,74 = 53,74 \text{ м}.$$

Таким чином, небезпечна зона роботи баштового крана становить 53,7 м від осі його обертання.

По периметру цієї зони встановлюються сигнальні огорожі та попереджувальні знаки безпеки.

*Небезпечна зона під час виконання пальових робіт*

При влаштуванні фундаментів використовується установка статичного вдавлювання паль. Основними небезпечними факторами під час виконання

цих робіт є переміщення паль, робота гідравлічних механізмів та можливе падіння елементів обладнання.

Для забезпечення безпечної роботи навколо установки приймається захисна зона радіусом не менше 5 м від габаритів машини.

У межах цієї території можуть перебувати лише працівники, безпосередньо задіяні у виконанні технологічного процесу.

#### *Небезпечна зона роботи екскаватора*

Під час розроблення котловану небезпечна зона визначається максимальним радіусом роботи екскаватора.

Межа небезпечної зони встановлюється за формулою:  $R = re + 1$

де:

$re$  – найбільший радіус копання екскаватора.

Для екскаватора з радіусом копання 9 м:  $R = 9 + 1 = 10$  м.

Отже, перебування працівників у межах 10 м від працюючого екскаватора допускається лише за виробничої необхідності та під контролем відповідальної особи.

#### *Небезпечна зона вздовж тимчасових електромереж*

На будівельному майданчику використовується тимчасова система електропостачання напругою 380/220 В.

Небезпечна зона формується вздовж трас прокладання кабелів та поблизу розподільчих електрощитів.

Мінімальна відстань від струмопровідних частин до місць виконання робіт приймається відповідно до вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Усі електрощити обладнуються замками, попереджувальними написами та захисним заземленням.

### *Заходи щодо огороження небезпечних зон*

Для запобігання травматизму всі небезпечні зони на будівельному майданчику підлягають обов'язковому огороженню.

Залежно від характеру небезпеки застосовуються:

- суцільні інвентарні огорожі висотою не менше 2,0 м;
- сигнальні огорожі висотою не менше 1,2 м;
- переносні металеві бар'єри;
- попереджувальні стрічки;
- інформаційні та заборонні знаки безпеки.

На огороженнях через кожні 5-10 м встановлюються таблички з написами:

- «Небезпечна зона»;
- «Прохід заборонено»;
- «Працює кран»;

Усі небезпечні зони відображаються на будівельному генеральному плані та враховуються при розробленні технологічних карт, календарного графіка будівництва і схем організації дорожнього руху на будівельному майданчику.

Виконаний розрахунок небезпечних зон дозволив визначити межі територій, у яких існує підвищена ймовірність впливу небезпечних виробничих факторів під час будівництва 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку. Найбільшу небезпеку становлять зони виконання висотних робіт та експлуатації баштового крана, радіус яких сягає 53,7 м. Передбачені організаційні та технічні заходи щодо огороження небезпечних зон забезпечують необхідний рівень безпеки працівників та відповідають вимогам чинних нормативних документів з охорони праці та промислової безпеки.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, пов'язане з розробкою організаційно-технологічних рішень зведення багатоповерхового монолітно-каркасного житлового будинку в місті Харків. Виконані дослідження та проєктні розробки дозволили обґрунтувати ефективні технологічні, організаційні та конструктивні рішення, спрямовані на підвищення ефективності будівництва, скорочення трудових витрат, забезпечення необхідного рівня безпеки та якості виконання робіт.

У дослідницькій частині роботи проведено поглиблений аналіз сучасних опалубних систем, які використовуються під час зведення монолітних залізобетонних будівель. У результаті дослідження удосконалено класифікацію опалубних систем шляхом розширення класифікаційних ознак та систематизації існуючих конструктивних рішень. Запропонована класифікація враховує функціональне призначення, конструктивне виконання, матеріал виготовлення, спосіб монтажу, кратність використання, ступінь індустріалізації, сферу застосування та інші характеристики, що дозволяє більш повно оцінювати можливості використання опалубки в конкретних умовах будівництва.

Виконано аналіз критеріїв оцінювання ефективності сучасних опалубних систем. Сформовано багатокритеріальну систему оцінювання, що включає технічні, технологічні, економічні, організаційні та експлуатаційні показники. Розроблено ієрархічну структуру критеріїв оцінювання, визначено вагові коефіцієнти критеріїв експертним методом та запропоновано математичну модель інтегрального показника ефективності опалубних систем. Це дозволило здійснювати комплексне порівняння різних конструктивних рішень з урахуванням їхнього впливу на результати будівельного виробництва.

На основі локальних кошторисних розрахунків, виконаних у програмному комплексі АВК-5, проведено порівняльний аналіз трудомісткості та технологічної ефективності п'яти типів опалубних систем: великощитової, дрібнощитової, балково-ригельної, тунельної та рамної. Аналіз показав суттєві відмінності між досліджуваними системами за показниками трудомісткості монтажу і демонтажу, швидкості виконання робіт, потреби у вантажопідіймальних механізмах, універсальності застосування та економічної ефективності.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що найбільш раціональним рішенням для зведення досліджуваного багатоповерхового житлового будинку є використання великощитової опалубки. Її застосування забезпечує оптимальне поєднання високої продуктивності праці, скорочення тривалості виконання монолітних робіт, зменшення трудових витрат та отримання високої якості бетонних поверхонь. Переваги великощитової опалубки особливо проявляються при зведенні багатоповерхових монолітних будівель із повторюваними планувальними рішеннями, що підтверджує доцільність її використання для прийнятого об'єкта будівництва.

У проєктній частині роботи розроблено архітектурно-конструктивні рішення 16-поверхового монолітно-каркасного житлового будинку. Обґрунтовано генеральний план забудови, об'ємно-планувальні рішення, конструктивну схему будівлі та інженерно-технічне забезпечення об'єкта. Виконано теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни та підтверджено відповідність прийнятої огорожувальної конструкції вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо енергоефективності будівель.

У результаті аналізу інженерно-геологічних умов будівельного майданчика встановлено доцільність використання пального фундаменту з

монолітним ростверком. Виконано розрахунок несучої здатності вдавлюваних паль, який підтвердив надійність та ефективність прийнятого фундаментного рішення для сприйняття навантажень від багатоповерхової будівлі.

Для надземної частини будівлі виконано розрахунок основних несучих елементів каркаса із використанням програмних комплексів ЛІРА-САПР та SCAD. Проведено аналіз роботи монолітної залізобетонної колони, діафрагм жорсткості та сходового маршу. Результати розрахунків підтвердили достатню несучу здатність, жорсткість і стійкість конструктивної системи будівлі.

У технологічній частині роботи розроблено організаційно-технологічні рішення виконання будівельно-монтажних робіт, визначено склад і послідовність технологічних процесів, обґрунтовано потокову організацію будівництва, розроблено календарний графік виконання робіт та будівельний генеральний план. Запропоновані рішення забезпечують раціональне використання трудових, матеріальних та технічних ресурсів протягом усього періоду будівництва.

У розділі з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях виконано аналіз умов праці на будівельному майданчику, визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено комплекс організаційних і технічних заходів щодо їх усунення або мінімізації. Проведено розрахунок небезпечних зон роботи будівельних машин і механізмів, розроблено заходи щодо забезпечення пожежної безпеки та дій персоналу в надзвичайних ситуаціях.

Отримані результати мають практичне значення для проєктування та організації будівництва багатоповерхових монолітно-каркасних будівель і можуть бути використані будівельними організаціями при виборі опалубних

систем, розробленні проєктів виконання робіт, календарному плануванні та організації будівельного виробництва. Проведене дослідження підтвердило, що застосування великощитової опалубки в поєднанні з раціональною організацією будівельних процесів дозволяє підвищити ефективність монолітного будівництва, скоротити терміни виконання робіт та забезпечити належну якість і безпеку зведення багатоповерхових житлових будинків.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Wei Li, Xiaoshan Lin, Ding Wen Bao & Yi Min Xie (2022). *A review of formwork systems for modern concrete construction*. *Journal Structures*, 38, 52-63.
2. Mi Pan & Wei Pan (2016). *Advancing Formwork Systems for the Production of Precast Concrete Building Elements: from Manual to Robotic*. Proceedings MOC Summit.
3. Suchun Yang, Chengping Qu & Heng Yang (2019). *Study on the interaction between formwork shoring systems and RC structures in a high-rise building during construction*. *Stavební Obzor – Civil Engineering Journal*, 28(1).
4. Won Hyun Cho, Chaeyeon Lim, Sunkuk Kim & Seongseok Go (2015). *Development of an Innovative Formwork System for Casting Reinforced Concrete Beams*. *International Journal of Technology and Engineering Studies*
5. Сучасні технології в будівництві : підручник / за ред. О.І.Менейлюка. Київ : Освіта України, 2011. 534 с.
6. ДСТУ Б В.2.8-41:2011. Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Классификация и общие технические требования. [Чинний від 2012–12–01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2012. 19 с.
7. Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. В.К. Черненко. Київ : Вища шк., 2002. 430 с.
8. Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. М.Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2005. 341 с.
9. Технологія монтажу будівельних конструкцій : навч. посіб. / заред. В.К. Черненко. Київ : Горобець Г.С., 2010. 372 с.

10. ДБН 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень». Держбуд України. Київ 2002.
11. ДБН В.2.2-15-2005 «Житлові будинки» + зміна №3, наказ 222 від 11.05.2012р. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ 2005.
12. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги зміна №1 від 01.06.2007р.. Держбуд України. Київ 2003.
13. ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди». Мінрегіонбуд України. Київ 2009.
14. ДСТУ Б А.2.4-2:2009 «Умовні позначки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту». Мінрегіонбуд України, Київ 2009.
15. ДСТУ Б А.2.4-7:2009 «Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень». Мінрегіонбуд України. Київ 2009.
16. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Мінрегіонбуд України. Київ 2011.
17. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Мінбуд України. Київ 2006.
18. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції». Мінрегіонбуд України. Київ 2011.
19. ДБН А.3.1-5-2016. «Організація будівельного виробництва». Мінрегіонбуд України, Київ 2016.
20. ДБН Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів» Мінрегіонбуд України, Київ 2013
21. ДБН А.3.2-2-2009. «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» Мінрегіонбуд України. К 2012.
22. ДСТУ Б.А.2.4-:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої

- документації. Загальні положення.»Мінрегіонбуд України.К 2009.
23. Емельянова И.А. Машины та обладнання для зведення будівель і споруд із монолітного залізобетону: Факт, 2008. – 376 с.
  24. Опалубка DOKA. URL: <https://www.doka.com/ua/solutions/wall-formwork>
  25. Стінова опалубка ROBUD. URL:<https://robud.info/ru/wall-formwork>
  26. Каталог елементів опалубки ТМ «БудМайстер». Павлоград : 2006:- 30с.
  27. Козик В.В., Гавриляк А.С., Петрушка Т.О. Організація будівництва : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 256 с.
  28. М. Н. Джалалов, С. М. Братішко Оптимізація організаційних параметрів будівельного виробництва / Харків: Друкарня «Мадрид», 2026. – 152 с. ISBN 978-617-8254-43-8
  29. Перспективи збірно-монолітного будівництва для відновлення об'єктів в Україні / Почапський М. Д., Бутнік С. В., Помазан М. Д.Будівельне виробництво 2023. №74. С. 35-41
  30. Аддитивні технології в сучасному монолітному будівництві. А.О.Атинян; С.М. Братішко; І.В.Говоруха; М.Н.Джалалов/Комунальне господарство міст, серія: Технічні науки та архітектура, вип.3(191), с.284-291, 2025.