

**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 БАКАЛАВРА
ЗВЕДЕННЯ 12 ПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ
У РІВНОМУ**

Розробив: студ. III курсу, групи ПЦБ 2023-2у
спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія
ОПП «Промислове та цивільне будівництво»

Пишкін Сергій Михайлович



Керівник: канд.техн.наук., доц. Джалалов М.Н.



Рецензент: доц. Братішко С.М.



Харків – 2026 рік

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри ТОБВ
д.т.н., проф. Шумаков І.В.

« » червня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

ПИШКІНУ СЕРГІЮ МИХАЙЛОВИЧУ

Спеціальність: *192 - Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення 12 поверхового житлового будинку у Рівному* затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від 26.05.2026 р.

Термін подання завершеної роботи на кафедру “15” червня 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об'єкту.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, технологічні рішення та організація будівництва, розділ охорони праці.*

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: *фасад; плани; розріз будинку; основні конструктивні вузли; генплан.*

- розрахунково-конструктивна частина: *плита перекриття; армування плити; спеціфікації; інженерно-геологічний розріз; план пальових фундаментів.*

- технологічні рішення та організація будівництва: *технологічна карта на влаштування цегляної кладки та монтажу з/б елементів, будгенплан, календарний графік виконання робіт по об'єкту.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		завдання видав	завдання прийняв	
1. Архітектурно-будівельна частина	доц. Казімагомедов Ф.І.			
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	доц. Храпатова І.В.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	доц. Джалалов М.Н.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва	доц. Джалалов М.Н.			
4. Охорона праці	доц. Косенко Н.О.			
Нормоконтроль	зав.лаб. Зінов'єва О.М.			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	05.03.26-25.03.26	<i>виконано</i>
2. Розрахунково-конструктивна частина	27.03.26-27.04.26	<i>виконано</i>
3. Технологічні рішення та організація будівництва	29.04.26-20.05.26	<i>виконано</i>
4. Охорона праці	22.05.26-31.05.26	<i>виконано</i>

Керівник кваліфікаційної роботи



доц. Джалалов М.Н.

Завдання прийняв до виконання



Пишкін С.М.

Дата видачі завдання “05”березня 2026 р.

ЗМІСТ

Розділ 1. Архітектурно-будівельна частина.....	5
1.1. Аналіз вихідних даних та природно-кліматичних умов району будівництва.....	5
1.2. Характеристика генерального плану та благоустрою території.....	7
1.3 Архітектурно-планувальна та просторово-конструктивна характеристика будівлі	10
1.4 Конструктивно-технічні рішення основних елементів будівлі	13
1.5 Теплотехнічне обґрунтування зовнішніх огорожувальних конструкцій	16
1.6 Інженерне забезпечення та технічне оснащення житлового будинку....	19
Розділ 2. Розрахунково-конструктивна частина	25
2.1.Розрахунок підземної частини 12 поверхового житлового будинку	25
2.2.Розрахунок надземної частини 12 поверхового житлового будинку.....	36
Розділ 3. Технологічні рішення та організація будівництва.....	54
Розділ 4. Охорона праці.....	77
Список використаних джерел.....	91

РОЗДІЛ І

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз вихідних даних та природно-кліматичних умов району будівництва

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Зведення 12-поверхового житлового будинку у Рівному» виконана відповідно до виданого завдання на проєктування та чинних нормативних вимог у сфері будівництва. Проєкт передбачає розроблення архітектурно-будівельних, конструктивних і організаційно-технологічних рішень, спрямованих на забезпечення надійності, довговічності та ефективності будівництва житлового об'єкта.

Районом будівництва є місто Рівне, яке характеризується помірно-континентальними кліматичними умовами з достатнім рівнем зволоження та сезонними коливаннями температур. Природно-кліматичні характеристики району будівництва враховуються при виборі конструктивної схеми будівлі, визначенні параметрів фундаментів, розрахунку огорожувальних конструкцій та організації будівельного процесу.

Відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 територія будівництва належить до І будівельно-кліматичного району. Для даного району характерними є відносно низькі зимові температури, що потребує врахування умов зимового виконання робіт, а також забезпечення нормативних теплотехнічних показників зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Основні кліматичні параметри району будівництва прийняті згідно з нормативними документами та наведені нижче:

- кліматичний район – І;
- розрахункова температура найбільш холодної п'ятиденки – мінус 22 °С;
- абсолютна мінімальна температура зовнішнього повітря – мінус 27 °С;
- нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту – 1,2 м;
- рівень ґрунтових вод у межах дослідженої ділянки не виявлений;

- переважаючий напрямок вітру – західний.

Відсутність ґрунтових вод у межах глибини закладання фундаментів позитивно впливає на умови виконання земляних робіт та спрощує улаштування підземної частини будівлі. Разом з тим нормативна глибина промерзання ґрунтів враховується при визначенні відмітки закладання фундаментів з метою запобігання нерівномірним деформаціям основи під впливом морозного пучення.

Кліматичні умови району будівництва також впливають на організацію будівельно-монтажних робіт. У зимовий період виникає необхідність застосування технологічних заходів для забезпечення нормативного тверднення бетонних сумішей та безпечного виконання робіт при низьких температурах. Переважаючі західні вітри враховуються під час розроблення будівельного генерального плану, розташування тимчасових споруд, монтажних механізмів та зон складування матеріалів.

Для оцінювання вітрового режиму району будівництва використано дані повторюваності напрямків вітру, що наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.1 – Повторюваність напрямків вітру для району будівництва, %

Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Січень	4,6	3,5	10,3	13,1	15,4	16,4	26,1	10,6
Липень	12,6	7,9	8,3	9,0	8,7	9,6	24,1	19,8

Аналіз наведених кліматичних параметрів свідчить про те, що природно-кліматичні умови району будівництва є сприятливими для зведення багатоповерхового житлового будинку за умови дотримання нормативних вимог щодо теплового захисту будівлі, улаштування фундаментів та організації виконання будівельно-монтажних робіт у зимовий період. Отримані вихідні дані використовуються в подальших розрахунках та при прийнятті основних проектних рішень.

1.2. Характеристика генерального плану та благоустрою території

Генеральний план житлового комплексу розроблений відповідно до чинних вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» з урахуванням містобудівних, санітарно-гігієнічних, екологічних та протипожежних вимог. Проєктні рішення спрямовані на забезпечення комфортного проживання населення, раціонального використання земельної ділянки та створення безпечного середовища для мешканців.

Ділянка забудови має прямокутну конфігурацію з розмірами в осях 81,8 × 66,2 м. Загальна площа території становить 5412 м². Рельєф майданчика характеризується незначним природним ухилом, що забезпечує ефективне поверхневе водовідведення атмосферних опадів та виключає застій води на території. Вертикальне планування ділянки передбачає організований відвід дощових і талих вод у систему поверхневого водостоку.

З боку магістральної вулиці територія частково відокремлена смугою зелених насаджень, що сприяє зниженню шумового навантаження, затриманню пилу та покращенню санітарного стану прибудинкової території. Транспортний зв'язок із вулично-дорожньою мережею забезпечується під'їзною дорогою шириною 6,0 м, яка дозволяє організувати двосторонній рух автотранспорту, включаючи пожежну та спеціальну техніку.

При розробленні генерального плану особливу увагу приділено функціональному зонуванню території. Розміщення будівлі, транспортних проїздів, майданчиків та зон відпочинку виконано з урахуванням нормативних вимог щодо інсоляції, аерації території, безпеки руху та санітарних відстаней.

На території житлового комплексу передбачено такі елементи благоустрою:

- відкриту стоянку для тимчасового зберігання легкових автомобілів мешканців та гостей;
- майданчик для встановлення контейнерів твердих побутових відходів із твердим покриттям та зручним під'їздом спецтехніки;

- дитячий ігровий майданчик для дітей молодшого віку із травмобезпечним покриттям;
- ігрову зону для дітей старшої вікової групи;
- спортивний майданчик для фізичної активності та відпочинку;
- господарську зону, у тому числі майданчик для вигулу домашніх тварин;
- пішохідні доріжки та рекреаційні зони для мешканців.

Планувальна організація території забезпечує зручний рух пішоходів і транспорту без перетину основних функціональних потоків. Під'їзд до житлового будинку передбачений дорогою шириною 3,5 м, яка забезпечує доступ легкового, аварійного та пожежного транспорту до всіх сторін будівлі.

Пішохідні тротуари шириною 1,5 м запроєктовані з тротуарної плитки, що характеризується довговічністю, ремонтпридатністю та естетичним зовнішнім виглядом. Аналогічне покриття застосоване для окремих майданчиків та пішохідних зон. Проїзди та місця стоянки автомобілів мають тверде покриття, стійке до транспортних навантажень та атмосферного впливу.

Значна увага приділена озелененню території. Вільні від забудови та твердого покриття ділянки озеленюються шляхом улаштування газонів, квітників, а також висадження декоративних дерев і чагарників. Озеленення виконує санітарно-захисну, декоративну та рекреаційну функції, сприяє покращенню мікроклімату території, зменшенню рівня шуму та запиленості повітря.

Техніко-економічні показники генерального плану наведено в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.2.1 – Техніко-економічні показники генерального плану

№	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	Площа земельної ділянки	м ²	5412
2	Площа забудови будівлі	м ²	1240
3	Площа проїздів, доріг і тротуарів	м ²	1450
4	Площа дитячих та спортивних майданчиків	м ²	420
5	Площа господарських майданчиків	м ²	180
6	Площа озеленення	м ²	2122
7	Коефіцієнт забудови	-	0,23
8	Коефіцієнт озеленення	-	0,39
9	Коефіцієнт твердих покриттів	-	0,38
10	Кількість машиномісць	шт.	12
11	Кількість в'їздів на територію	шт.	1
12	Ширина основних тротуарів	м	1,5
13	Ширина основного проїзду	м	6,0

Аналіз техніко-економічних показників свідчить про ефективне використання території забудови та відповідність прийнятих рішень нормативним вимогам. Коефіцієнт забудови становить 0,23, що забезпечує достатню площу для організації зон відпочинку, транспортного обслуговування та озеленення. Площа озеленення складає майже 40 % території ділянки, що позитивно впливає на екологічний стан прибудинкової території та комфорт проживання населення.

Прийняті рішення генерального плану забезпечують належний рівень благоустрою, безпечну експлуатацію території, дотримання санітарних та протипожежних вимог, а також створення сприятливих умов для проживання мешканців житлового будинку.

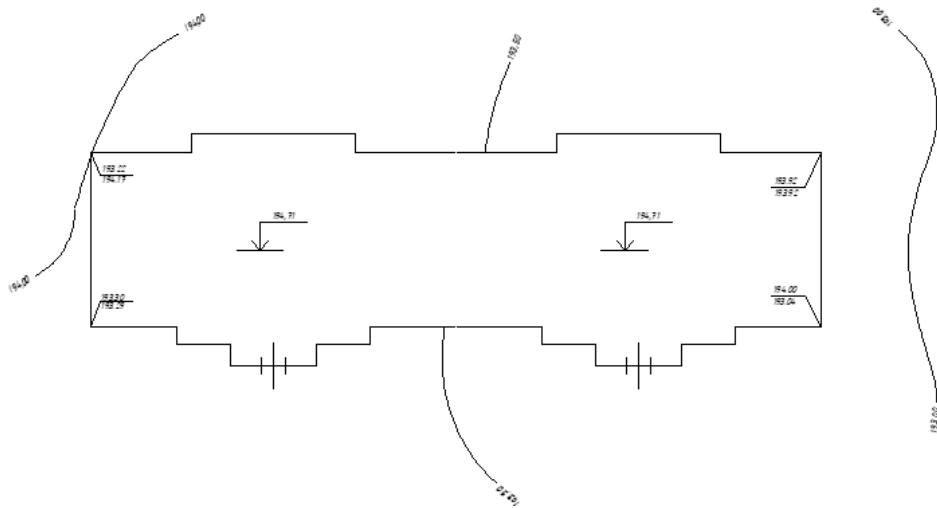


Рисунок 1.2.1 – Схема вертикального планування та благоустрою території
забудови

1.3 Архітектурно-планувальна та просторово-конструктивна характеристика будівлі

Проектований об'єкт являє собою багатоповерховий житловий будинок квартирного типу, архітектурно-планувальні рішення якого розроблені відповідно до вимог чинних державних будівельних норм щодо житлових будівель, енергоефективності, пожежної безпеки та комфортності проживання населення.

Будівля має складну конфігурацію у плані, що обумовлено необхідністю раціонального використання земельної ділянки, забезпечення нормативної інсоляції житлових приміщень та формування виразного архітектурного образу забудови. Габаритні розміри споруди в координаційних осях становлять 14,00 × 55,20 м. Прийняте планувальне рішення дозволяє ефективно організувати внутрішній простір квартир, сходово-ліфтових вузлів та допоміжних приміщень.

Будинок запроектований дванадцятиповерховим із висотою поверху 3,0 м. Загальна висота споруди від рівня планувальної відмітки землі до верхньої точки покриття становить 38,82 м. Такі параметри відповідають сучасним

вимогам до багатопверхових житлових будівель та забезпечують необхідний рівень просторової виразності й функціональності об'єкта.

Конструктивна схема будівлі прийнята з поздовжніми несучими стінами. Дана схема забезпечує рівномірне передавання навантажень від перекриттів і покриття на фундаментну основу, а також сприяє простоті монтажу конструкцій та підвищенню просторової жорсткості споруди. Просторова стійкість будівлі забезпечується спільною роботою несучих стін, міжповерхових перекриттів та сходово-ліфтового вузла.

Зовнішні огорожувальні конструкції запроєктовані багат шаровими з урахуванням сучасних вимог до теплозахисту будівель. Несуча частина зовнішніх стін виконується з цегляної кладки товщиною 510 мм із зовнішнім утепленням шаром теплоізоляційного матеріалу товщиною 150 мм. Прийняте конструктивне рішення забезпечує нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін, знижує тепловтрати та сприяє підвищенню енергоефективності будівлі.

Внутрішні міжкімнатні перегородки передбачені з цегли товщиною 120 мм, що забезпечує необхідні показники звукоізоляції та міцності. Перегородки санітарно-технічних приміщень виконуються товщиною 65 мм, що дозволяє оптимізувати внутрішній простір квартир без погіршення експлуатаційних характеристик.

Планувальна структура житлових секцій сформована з урахуванням вимог функціонального зонування квартир. У кожній квартирі передбачені житлові кімнати, кухня, передпокій, санітарно-гігієнічні приміщення та лоджії. Санвузли прийняті роздільними, що забезпечує підвищення рівня побутового комфорту для мешканців.

Особливу увагу приділено забезпеченню природного освітлення та вентиляції приміщень. Виходи на лоджії запроєктовані через кухні або житлові кімнати, що покращує функціональний зв'язок внутрішнього простору з зовнішнім середовищем та сприяє підвищенню комфортності

квартир. Наявність лоджій також виконує додаткову теплозахисну та архітектурно-композиційну функцію.

Вертикальні комунікації будівлі представлені сходовими клітками та ліфтовими вузлами, які забезпечують безпечне та зручне сполучення між поверхами. Планувальні рішення шляхів евакуації відповідають вимогам пожежної безпеки та забезпечують нормативний час евакуації людей у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Відповідно до положень ДСТУ 8855:2019 будівля належить до класу наслідків (відповідальності) СС2. Даний клас характерний для багатоповерхових житлових споруд із постійним перебуванням значної кількості людей. Ступінь довговічності будівлі прийнято II, що забезпечує нормативний термін експлуатації конструкцій за умови дотримання вимог технічного обслуговування та ремонту. Ступінь вогнестійкості будівлі – II, що відповідає вимогам пожежної безпеки для житлових споруд даної поверховості.

Основні техніко-економічні показники будівлі наведені в таблиці 1.3.1.

Таблиця 1.3.1 – Техніко-економічні показники будівлі

№ п/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	Житлова площа	м ²	1351,99
2	Загальна площа будівлі	м ²	2284,57
3	Площа забудови	м ²	438,89
4	Будівельний об'єм	м ³	14588,42
5	Планувальний коефіцієнт	-	5,21
6	Об'ємний коефіцієнт	-	0,032

Наведені техніко-економічні показники свідчать про раціональність прийнятих об'ємно-планувальних рішень та ефективне використання внутрішнього простору будівлі. Співвідношення житлової та загальної площі забезпечує комфортні умови проживання, а прийняті конструктивні та

планувальні рішення відповідають сучасним вимогам щодо надійності, енергоефективності, довговічності та експлуатаційної безпеки багатоповерхових житлових будинків.

1.4 Конструктивно-технічні рішення основних елементів будівлі

Конструктивні рішення проєктованого житлового будинку прийняті з урахуванням інженерно-геологічних умов майданчика, архітектурно-планувальної схеми будівлі, діючих навантажень та вимог чинних нормативних документів щодо міцності, стійкості, довговічності й експлуатаційної надійності споруди. Прийнята конструктивна система забезпечує просторову жорсткість будівлі, ефективне сприйняття навантажень та безпечну експлуатацію протягом нормативного терміну служби.

Фундаменти, цокольна частина та вимощення

Для проєктованої будівлі прийнята пальово-ростверкова система фундаментів, яка є ефективною в умовах неоднорідних ґрунтових основ та значних вертикальних навантажень від багатоповерхової споруди. Дане рішення забезпечує рівномірну передачу навантаження від несучих конструкцій на більш щільні шари ґрунту, зменшує нерівномірні осідання та підвищує загальну стійкість будівлі.

Як несучі елементи фундаментної системи використані забивні збірні залізобетонні палі прямокутного перерізу марки С60.30-6 довжиною 6,0 м. Палі працюють як палі-стійки та передають навантаження на щільні ґрунтові шари. Використання індустріальних збірних елементів дозволяє підвищити якість виконання робіт, скоротити тривалість будівництва та знизити трудомісткість монтажних процесів.

Ростверки запроєктовані монолітними залізобетонними. Під внутрішні несучі стіни ширина ростверку становить 2000 мм, а під зовнішні стіни – 1000 мм. Армування ростверків виконується просторовими арматурними каркасами відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009, що забезпечує необхідну

міцність, жорсткість та тріщиностійкість конструкцій при дії експлуатаційних навантажень.

Цокольна частина будівлі виконується із фундаментних бетонних блоків типу ФБС марок ФБС 24.4.6 та ФБС 12.4.6. Монтаж блоків здійснюється на цементно-піщаному розчині з ретельним заповненням вертикальних і горизонтальних швів. Таке рішення забезпечує високу несучу здатність та довговічність підземної частини споруди.

Для захисту конструкцій фундаментів від впливу ґрунтової вологи передбачено комплексну гідроізоляцію. Горизонтальна гідроізоляція виконується із двох шарів суміші типу CERESIT CR 65, що перешкоджає капілярному підсосу вологи в стінові конструкції. Вертикальна гідроізоляція фундаментів здійснюється обмазуванням гарячим бітумом у два шари по попередньо підготовленій поверхні. Прийняті заходи забезпечують захист бетонних і кам'яних конструкцій від зволоження та підвищують експлуатаційну довговічність будівлі.

По периметру будинку передбачено улаштування асфальтобетонного вимощення шириною 1,0 м з ухилом 3 % від стін будівлі. Вимощення виконує функцію захисту фундаментів від поверхневих вод та запобігає надмірному зволоженню ґрунтової основи.

Конструкція вимощення включає:

- асфальтобетонне покриття товщиною 30 мм;
- щебеневу підготовку товщиною 150 мм;
- ущільнену основу ґрунту.

Прийняті рішення фундаментної частини забезпечують необхідну надійність, стійкість та довговічність споруди відповідно до нормативних вимог.

Стіни та перегородки

Конструктивна схема будівлі прийнята з поздовжніми несучими стінами, які забезпечують просторову жорсткість споруди та сприймають вертикальні навантаження від перекриттів, покриття і власної ваги конструкцій. Така

схема є раціональною для житлових будинків підвищеної поверховості, оскільки характеризується конструктивною простотою, надійністю та економічною ефективністю.

Зовнішні стіни будівлі запроєктовані цегляними з додатковим зовнішнім утепленням за системою «мокрий фасад». Несуча частина стін виконується із повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Товщина цегляної кладки становить 510 мм.

Для забезпечення нормативних теплотехнічних показників передбачено утеплення фасадів плитами з пінополіуретану товщиною 150 мм. Кріплення теплоізоляційних плит здійснюється за допомогою спеціальної клейової суміші типу CERESIT. Прийняте рішення дозволяє знизити тепловтрати через огорожувальні конструкції, підвищити енергоефективність будівлі та забезпечити комфортний мікроклімат у приміщеннях.

Внутрішні несучі стіни виконуються із керамічної цегли товщиною 380 мм. Вони сприймають навантаження від міжповерхових перекриттів та передають їх на фундаментну основу. Прив'язка внутрішніх стін у плані прийнята 190×190 мм.

Міжкімнатні перегородки виконуються із цегли товщиною 120 мм, що забезпечує нормативні показники звукоізоляції між приміщеннями. Перегородки санітарно-технічних вузлів передбачені із вологостійких матеріалів з подальшим оздобленням керамічною плиткою або іншими вологостійкими покриттями.

Цегляна кладка виконується із багаторядною системою перев'язки швів. Товщина горизонтальних швів прийнята 12 мм, вертикальних – 10 мм. Усі шви повністю заповнюються розчином, що забезпечує монолітність кладки, підвищення міцності стін та запобігає утворенню тріщин у процесі експлуатації.

Прив'язка конструктивних елементів у плані прийнята:

- зовнішні стіни – 310×200 мм;
- внутрішні стіни – 190×190 мм;

- стіни сходових кліток – 100×280 мм.

Прийняті конструктивні рішення стінових конструкцій забезпечують необхідну несучу здатність, енергоефективність, довговічність та акустичний комфорт приміщень. За показниками пожежної безпеки будівля відповідає II ступеню вогнестійкості згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016. Конструктивні рішення відповідають вимогам ДБН В.2.2-15:2019 щодо житлових будівель та забезпечують безпечну й надійну експлуатацію споруди.

1.5 Теплотехнічне обґрунтування зовнішніх огороджувальних конструкцій

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни житлового будинку виконується з метою перевірки відповідності прийнятої конструкції вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Основним завданням розрахунку є визначення фактичного опору теплопередачі огороджувальної конструкції та порівняння його з мінімально допустимим нормативним значенням для відповідної температурної зони України.

Район будівництва – місто Рівне. Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 місто Рівне належить до I температурної зони України. Для цієї зони мінімально допустимий приведений опір теплопередачі зовнішніх стін житлових будівель приймається: $R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Для світлопрозорих огороджувальних конструкцій, зокрема віконного заповнення, нормативне значення опору теплопередачі приймається:

$R_{q \min} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря прийнято такими: температура внутрішнього повітря становить $+18 \text{ }^\circ\text{C}$, відносна вологість внутрішнього повітря – 65 %. За вологісним режимом приміщення належать до вологих, а умови експлуатації огороджувальних конструкцій прийнято за групою Б.

Зовнішня стіна будівлі прийнята багатошаровою. До складу конструкції входять такі шари, розташовані від зовнішньої поверхні до внутрішньої:

1. Магnezитова плита: $\delta_1 = 0,010$ м, $\lambda_1 = 0,81$ Вт/(м·К);
2. Теплоізоляційний шар із пінополіуретану: $\delta_2 = 0,070$ м, $\lambda_2 = 0,028$ Вт/(м·К);
3. Цегляна кладка: $\delta_3 = 0,510$ м, $\gamma = 1800$ кг/м³, $\lambda_3 = 0,81$ Вт/(м·К);
4. Внутрішній штукатурний шар: $\delta_4 = 0,020$ м, $\gamma = 800$ кг/м³, $\lambda_4 = 0,21$ Вт/(м·К).

Умова відповідності конструкції вимогам теплозахисту має вигляд:

$$R\Sigma \geq Rq \text{ min,}$$

де $R\Sigma$ – фактичний опір теплопередачі зовнішньої стіни, м²·К/Вт;

Rq_{min} – мінімально допустиме нормативне значення опору теплопередачі, м²·К/Вт.

Для багатошарової зовнішньої стіни опір теплопередачі визначається за формулою:

$$R\Sigma = 1/\alpha_{\text{в}} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_{\text{з}},$$

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

$\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, Вт/(м²·К);

δ – товщина шару конструкції, м; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·К).

Для вертикальної зовнішньої огорожувальної конструкції приймаємо:
 $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{з}} = 23$ Вт/(м²·К).

Підставляємо прийняті значення товщин шарів та коефіцієнтів теплопровідності у розрахункову формулу:

$$R\Sigma = 1/8,7 + 0,010/0,81 + 0,070/0,028 + 0,510/0,81 + 0,020/0,21 + 1/23.$$

Визначаємо термічний опір кожного шару конструкції:

$$R_{\text{в}} = 1/8,7 = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_1 = 0,010/0,81 = 0,012 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_2 = 0,070/0,028 = 2,500 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_3 = 0,510/0,81 = 0,630 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_4 = 0,020/0,21 = 0,095 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

$$R_3 = 1/23 = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Загальний опір теплопередачі зовнішньої стіни становить:

$$R_{\Sigma} = 0,115 + 0,012 + 2,500 + 0,630 + 0,095 + 0,043 = 3,395 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Отримане значення є меншим за нормативне значення $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, тому товщини теплоізоляційного шару 70 мм недостатньо для забезпечення вимог ДБН В.2.6-31:2021. Для приведення конструкції до нормативного рівня необхідно збільшити товщину утеплювача.

Необхідний термічний опір теплоізоляційного шару визначається з умови:

$$R_{\text{ут}} \geq R_{\text{q min}} - (1/\alpha_{\text{в}} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_3).$$

Підставляємо числові значення:

$$R_{\text{ут}} \geq 4,0 - (0,115 + 0,012 + 0,630 + 0,095 + 0,043).$$

$$R_{\text{ут}} \geq 4,0 - 0,895 = 3,105 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Товщина теплоізоляційного шару визначається за формулою:

$$\delta_{\text{ут}} = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}}.$$

Для пінополіуретану з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_{\text{ут}} = 0,048 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$:

$$\delta_{\text{ут}} = 3,105 \cdot 0,048 = 0,149 \text{ м}.$$

Отже, мінімальна розрахункова товщина пінополіуретанового утеплювача становить $14,9 \text{ мм}$. З урахуванням стандартного типорозміру плит та конструктивного запасу приймаємо товщину теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{ут}} = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}.$$

Після збільшення товщини теплоізоляційного шару до 150 мм виконуємо повторну перевірку опору теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = 1/8,7 + 0,010/0,81 + 0,150/0,048 + 0,510/0,81 + 0,020/0,21 + 1/23.$$

$$R_{\Sigma} = 0,115 + 0,012 + 3,571 + 0,630 + 0,095 + 0,043 = 4,866 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Перевіряємо виконання нормативної умови:

$$R_{\Sigma} = 4,866 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Таким чином, прийнята конструкція зовнішньої стіни з утепленням із пінополіуретанових плит товщиною 150 мм відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021. Запроектована огорожувальна конструкція забезпечує необхідний рівень теплозахисту, сприяє зниженню тепловтрат у холодний період року та підвищує енергоефективність житлового будинку.

Віконні блоки у проєктованій будівлі прийняті металопластиковими, багатокамерними, з енергоефективними склопакетами. Для I температурної зони нормативний опір теплопередачі світлопрозорих конструкцій приймається не менше:

$$R_{q \text{ min}} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Застосування сучасних багатокамерних профільних систем та енергоощадних склопакетів дозволяє забезпечити нормативний рівень теплозахисту, зменшити інфільтрацію холодного повітря та підвищити комфортність житлових приміщень. Остаточний тип віконного заповнення повинен прийматися за паспортними характеристиками виробника з підтвердженням опором теплопередачі не нижче нормативного значення.

За результатами виконаного теплотехнічного розрахунку встановлено, що початково прийнята товщина теплоізоляційного шару 70 мм не забезпечує нормативного опору теплопередачі зовнішньої стіни для I температурної зони України. Для виконання вимог ДБН В.2.6-31:2021 товщину пінополіуретанового утеплювача збільшено до 150 мм. Остаточне значення опору теплопередачі зовнішньої стіни становить 4,866 м²·К/Вт, що перевищує нормативний показник 4,0 м²·К/Вт. Отже, теплозахисні якості зовнішньої огорожувальної конструкції забезпечені.

1.6 Інженерне забезпечення та технічне оснащення житлового будинку

Інженерно-технічне обладнання проєктованого житлового будинку запроектоване відповідно до вимог чинних державних будівельних норм і

стандартів з урахуванням забезпечення комфортних санітарно-гігієнічних умов проживання, енергоефективності, безпеки експлуатації та надійності функціонування інженерних систем.

Комплекс інженерного забезпечення будівлі включає системи господарсько-питного водопостачання, гарячого водопостачання, водовідведення, опалення, вентиляції, газопостачання та електропостачання.

Господарсько-питне водопостачання будівлі передбачено централізованим від міських зовнішніх водопровідних мереж. Система забезпечує подачу холодної води до санітарно-технічних приладів квартир, а також до допоміжних і технічних приміщень будинку.

Розрахунковий напір у точці підключення до внутрішньої системи водопостачання становить 25 м водяного стовпа, що забезпечує нормативну подачу води до верхніх поверхів будівлі без застосування додаткових насосних установок.

Внутрішні трубопроводи системи водопостачання передбачається виконувати із сучасних полімерних або металополімерних труб, які характеризуються корозійною стійкістю, довговічністю та зручністю монтажу. Для обліку споживання води у квартирах передбачено встановлення індивідуальних лічильників.

Система гарячого водопостачання прийнята централізованою від зовнішніх теплових мереж. подача гарячої води здійснюється до кухонь, ванних кімнат та інших санітарно-технічних приміщень будинку.

Для зменшення тепловтрат трубопроводи гарячого водопостачання передбачено із теплоізоляцією. Прийняте рішення забезпечує стабільність температурного режиму та підвищує енергоефективність системи.

Водовідведення будівлі запроектоване централізованим із підключенням до міської господарсько-побутової каналізаційної мережі. Система призначена для відведення стічних вод від санітарно-технічних приладів квартир та допоміжних приміщень.

Внутрішня каналізаційна мережа складається зі стояків, відвідних трубопроводів та випусків у зовнішню мережу. Для зниження рівня шуму та забезпечення герметичності системи застосовуються сучасні полімерні каналізаційні труби з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Відведення атмосферних опадів із покрівлі здійснюється організованою системою внутрішнього водовідведення через водоприймальні воронки та вертикальні стояки.

Для забезпечення нормативного температурного режиму в холодний період року в будівлі передбачена система централізованого водяного опалення від зовнішнього джерела теплопостачання.

Температура теплоносія в системі прийнята в межах 60–70 °С, що відповідає вимогам енергоефективності та безпечної експлуатації системи. Як опалювальні прилади використовуються сучасні радіатори з високою тепловіддачею та можливістю індивідуального регулювання температури в приміщеннях.

Трубопроводи системи опалення прокладаються приховано або у спеціальних технічних каналах. Для підвищення енергоефективності передбачено теплоізоляцію трубопроводів та встановлення регулювальної арматури. Прийнята система опалення забезпечує рівномірний розподіл тепла в приміщеннях та підтримання комфортного мікроклімату в житлових кімнатах.

Вентиляція житлового будинку прийнята природною. Повітрообмін у приміщеннях здійснюється через вентиляційні канали, розташовані у санітарно-технічних приміщеннях та кухнях, а приплив свіжого повітря забезпечується через віконні конструкції та припливні елементи.

Природна вентиляція забезпечує видалення надлишкової вологи, запахів та забрудненого повітря з приміщень, створюючи нормативні санітарно-гігієнічні умови проживання.

Вентиляційні канали виконуються з негорючих матеріалів та виводяться вище рівня покрівлі відповідно до вимог пожежної безпеки та аеродинамічної стійкості системи.

Газопостачання будівлі передбачене від зовнішньої міської газорозподільної мережі. Природний газ використовується для побутових потреб мешканців, зокрема для роботи кухонного обладнання.

Система газопостачання проектується відповідно до вимог безпеки експлуатації газових мереж. На ввіді в будівлю передбачається встановлення запірної арматури та приладів обліку газу. Внутрішні газопроводи виконуються зі сталевих труб із антикорозійним захистом.

Для забезпечення безпечної експлуатації приміщення кухонь обладнуються вентиляційними каналами та системами природного провітрювання.

Електропостачання житлового будинку передбачене від зовнішніх міських електричних мереж. Будівля належить до II категорії надійності електропостачання, що забезпечує допустимий рівень безперебійного функціонування основних електроспоживачів.

Номінальна напруга внутрішньої електромережі становить 220 В для побутових споживачів. Електропостачання квартир та місць загального користування здійснюється через ввідно-розподільчі пристрої із застосуванням сучасних засобів захисту від перевантаження та короткого замикання.

У проєкті передбачено робоче, аварійне та евакуаційне освітлення. Для обліку споживання електроенергії у квартирах встановлюються індивідуальні електролічильники.

Прийняті інженерно-технічні рішення забезпечують надійну та безпечну експлуатацію житлового будинку, відповідають сучасним вимогам енергоефективності, санітарно-гігієнічним нормам і створюють комфортні умови проживання мешканців.

Підрахунок техніко-економічних показників будівлі

Основні техніко-економічні показники будівлі визначаються з урахуванням її габаритних розмірів у плані, поверховості, висоти споруди, житлової та загальної площі квартир.

1. Площа забудови будівлі

Площа забудови визначається за габаритними розмірами будівлі з урахуванням виступаючих конструктивних елементів:

$$S_{\text{заб}} = (L + a) \cdot (B + b)$$

$$S_{\text{заб}} = (55,2 + 1,02) \cdot (14,0 + 1,02) = 56,22 \cdot 15,02 = 438,9 \text{ м}^2$$

Отже, площа забудови будівлі становить:

$$S_{\text{заб}} = 438,9 \text{ м}^2.$$

2. Житлова площа будівлі

Житлова площа визначається як сума площ житлових кімнат у квартирах усіх поверхів:

$$S_{\text{жит}} = n \cdot m \cdot (S_{\text{жит.1}} + S_{\text{жит.2}})$$

$$S_{\text{жит}} = 12 \cdot 4 \cdot (25,6 + 49,5) = 48 \cdot 75,1 = 1352,0 \text{ м}^2$$

Отже, житлова площа будівлі становить: $S_{\text{жит}} = 1352,0 \text{ м}^2$.

3. Загальна площа будівлі

Загальна площа визначається як сума площ квартир з урахуванням житлових і допоміжних приміщень:

$$S_{\text{заг}} = n \cdot m \cdot (S_{\text{кв.1}} + S_{\text{кв.2}})$$

$$S_{\text{заг}} = 12 \cdot 4 \cdot (49,4 + 77,6) = 48 \cdot 127,0 = 2284,6 \text{ м}^2$$

Отже, загальна площа будівлі становить: $S_{\text{заг}} = 2284,6 \text{ м}^2$.

4. Будівельний об'єм будівлі

Будівельний об'єм визначається як добуток площі забудови на висоту будівлі:

$$V_{\text{буд}} = S_{\text{заб}} \cdot H$$

$$V_{\text{буд}} = 438,9 \cdot 33,2 = 14571,48 \text{ м}^3$$

З урахуванням округлення будівельний об'єм приймаємо:

$$V_{\text{буд}} = 14589 \text{ м}^3.$$

5. Планувальний коефіцієнт

Планувальний коефіцієнт характеризує ефективність використання площі забудови та визначається як відношення загальної площі будівлі до площі забудови:

$$K_{\text{п}} = S_{\text{заг}} / S_{\text{заб}}$$

$$K_{\text{п}} = 2284,6 / 438,9 = 5,21$$

Отже, планувальний коефіцієнт становить:

$$K_{\text{п}} = 5,21.$$

6. Об'ємний коефіцієнт

Об'ємний коефіцієнт визначається як відношення площі забудови до будівельного об'єму:

$$K_{\text{об}} = S_{\text{заб}} / V_{\text{буд}}$$

$$K_{\text{об}} = 438,9 / 14589 = 0,030$$

Отже, об'ємний коефіцієнт становить:

$$K_{\text{об}} = 0,030.$$

Розраховані техніко-економічні показники підтверджують раціональність прийнятого об'ємно-планувального рішення будівлі. Співвідношення загальної площі, площі забудови та будівельного об'єму свідчить про ефективне використання внутрішнього простору та доцільність прийнятої планувальної схеми житлового будинку.

У процесі проектування прийнято раціональні конструктивні та планувальні рішення, що забезпечують необхідну міцність, просторову жорсткість, довговічність та експлуатаційну надійність споруди. Виконаний теплотехнічний розрахунок підтвердив відповідність зовнішніх огорожувальних конструкцій вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо енергоефективності та теплозахисту будівель.

У цілому прийняті проектні рішення відповідають чинним нормативним вимогам, забезпечують надійність і функціональність житлового будинку та створюють сприятливі умови для його подальшої експлуатації.

РОЗДІЛ II

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок підземної частини 12 поверхового житлового будинку

2.1.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗРАХУНКУ

Таблиця 2.1.1.1 - Інженерно-геологічна характеристика та гідрогеологічний стан ділянки будівництва

№ шару	Найменування ґрунтів	Номер свердловини і потужність шару, м				
		1	2	3	4	5
1	Насипний (шлак, будсміття, гравій, галька)	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
2	Суглинок просадочний	2,0	2,1	2,0	2,2	2,0
3	Супісок просадочний	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
4	Суглинок коричнево-бурий	3,2	3,0	3,1	3,0	3,0
5	Пісок дрібний світло-жовтий	3,5	3,6	3,4	3,3	3,3

Таблиця 2.1.1.2 – Основні фізико-механічні характеристики ґрунтів будівельного майданчика

Найменування	Умов. позн.	Од. вимір	Номер шару				
			1	2	3	4	5
Щільність	ρ_{II}	т/м ³	1,530	1,780	1,760	1,890	1,650
Щільність часток	ρ_s	т/м ³		2,570	2,56	2,580	2,650
Природна вологість	w			0,180	0,170	0,190	0,030
Вологість на межі текучості	w _L			0,310	0,280	0,330	
Вологість нв межі пластичності	w _p			0,180	0,220	0,180	
Кут внутрішнього тертя	φ_{II}	град		21	23	21	32
Питоме зчеплення	c _{II}	кПа		33	35	37	3
Модуль деформації	E	МПа		13	12	15	29
Відносне просідання при p, МПа	ϵ_{sl}	p=0,1		0,0065	0,00390		
		p=0,2		0,01240	0,00870		
		p=0,3		0,01580	0,1380		
Кут внутрішнього тертя водонасиченого ґрунту	$\varphi_{II,sat}$	град		21	23		
Питоме зчеплення водонасиченого ґрунту	c _{II,sat}	кПа		19	17		

Модуль деформації водонасиченого ґрунту	E_{sat}	МПа	-	9	9	-	-
Початковий просідний тиск	P_{SL}	МПа	-	-	-	-	-

Інтервал дослідження, м	Глибина відбору типового зразку, м	Зразок ґрунту	Пояснення
0,0 1,2			ГРШ, насипні ґрунти, представлені суглинками темно-сірими, будівельне сміття, щебінь
1,2 3,2	■2,5		Суглинки коричнево-жовті з плями більш світлого або більш темного, з включенням карбонатів (павутина): з 2,5м піщані
3,2 4,0	■3,5		Супісь сіро-коричнева світла, пилювата
4,0 7,4	■5,0		Суглинки коричнево-бурі, коричнево-жовті з плямами більш світлого або більш темного, з включенням карбонатів (павутина): з 4,5м більш темно-коричневі бурі з 6,0м карбонатизовані
7,4 10,8	▲9,0		Піски світлі жовто-коричневі, з прошарками охристих

Рис.2.1.1.1 – Аналіз ґрунтів під будівлею

2.1.2 Аналіз фізико-механічних характеристик та оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика виконується з метою визначення фізико-механічних характеристик ґрунтів основи та оцінювання їх просадочних властивостей.

Другий інженерно-геологічний елемент – суглинок

Визначаємо число пластичності: $I_p = W_L - W_P$

$$I_p = 0,310 - 0,180 = 0,130$$

Показник текучості:

$$IL = (W - WP) / I_p$$

$$IL = (0,180 - 0,180) / 0,130 = 0$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = [\rho_s (1 + W)] / \rho - 1$$

$$e = [2,57 (1 + 0,180)] / 1,780 - 1 = 0,70$$

Щільність водонасиченого ґрунту:

$$\rho_{sat} = 1,88 \text{ т/м}^3$$

Вологість водонасиченого ґрунту:

$$W_{sat} = 0,245$$

Висновок: суглинок твердий, просідаючий.

Третій інженерно-геологічний елемент – супісок

Число пластичності: $I_p = 0,280 - 0,220 = 0,060$

Показник текучості:

$$IL = (0,170 - 0,220) / 0,060 = -0,83$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = [2,56 (1 + 0,170)] / 1,760 - 1 = 0,70$$

Щільність водонасиченого ґрунту:

$$\rho_{sat} = 1,87 \text{ т/м}^3$$

Вологість водонасиченого ґрунту:

$$W_{sat} = 0,246$$

Висновок: супісок твердий, просідаючий.

Просідання ґрунтів від власної ваги визначається за формулою:

$$S_{sl,g} = \sum \varepsilon_{sl,g} \cdot h_i \cdot k_{sl,i}$$

Таблиця 2.1.2.1 – Просідання ґрунтів від власної ваги

h_i , м	σ_{zg} , кПа	$\sigma_{zg,sat}$, кПа	$\varepsilon_{sl,g}$	$S_{sl,g}$, м
1,2	18,36	-	0	0
2,0	53,96	36,16	0	0

0,8	68,04	60,54	0	0
-----	-------	-------	---	---

$$\Sigma S_{sl,g} = 0$$

Четвертий інженерно-геологічний елемент – суглинок

Число пластичності: $I_p = 0,330 - 0,180 = 0,150$

Показник текучості:

$$I_L = (0,109 - 0,180) / 0,150 = 0,060$$

Висновок: суглинок напівтвердий.

П'ятий інженерно-геологічний елемент – пісок

Коефіцієнт пористості:

$$e = [2,65 (1 + 0,030)] / 1,650 - 1 = 0,650$$

Ступінь вологості:

$$S_r = (W \cdot \rho_s) / (e \cdot \rho_w)$$

$$S_r = 0,12$$

Висновок: пісок середньої щільності, маловологий.

Таблиця 2.1.2.2 – Фізико-механічна характеристика ґрунтів

№	e	S _r	I _p	I _L	Характеристика ґрунту
1	-	-	-	-	Насипний ґрунт
2	0,70	-	0,130	0	Суглинок твердий, просідаючий
3	0,70	-	0,060	-0,83	Супісок твердий, просідаючий
4	-	-	0,150	0,060	Суглинок напівтвердий
5	0,650	0,120	-	-	Пісок середньої щільності, маловологий

За результатами аналізу встановлено, що верхні шари представлені просідаючими суглинками та супісками твердої консистенції. Просідання ґрунтів від власної ваги не виявлено, що свідчить про сприятливі умови для будівництва.

2.1.3 Визначення розрахункових навантажень на фундаменти

Збір навантажень на фундаменти виконується з метою визначення вертикальних зусиль, які передаються від надземної частини будівлі на основу через несучі стіни та фундаментні конструкції. У розрахунку враховуються постійні навантаження від власної ваги конструкцій, а також тимчасові навантаження від снігу, експлуатації перекриттів та перегородок.

Розрахунок проводиться для 1 погонного метра несучої стіни по осі В. Окремо визначаються навантаження для зовнішньої та внутрішньої несучої стіни. Розрахункове значення навантаження від кожного шару конструкції приймається як добуток характеристичного навантаження на коефіцієнт надійності за навантаженням: $q_{розр} = q_n \cdot \gamma_f$,

де $q_{розр}$ - розрахункове навантаження, кН/м²; q_n - характеристичне навантаження, кН/м²; γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням.

Таблиця 2.1.3.1 - Визначення ваги покрівлі на 1 м²

№	Найменування конструкції	q_n , кН/м ²	γ_f	$q_{розр}$, кН/м ²
1	Захисний шар із гравію	1,20	1,3	1,560
2	Полімерна мембрана	0,050	1,2	0,060
3	Два шари руберойду	0,090	1,2	0,108
4	Цементно-піщана стяжка	0,60	1,3	0,780
5	Залізобетонна плита покриття	5,50	1,1	6,050
	Всього			8,560

Таблиця 2.1.3.2 - Визначення ваги горіщного перекриття на 1 м²

№	Найменування конструкції	q_n , кН/м ²	γ_f	$q_{розр}$, кН/м ²
1	Цементно-піщана стяжка	0,60	1,3	0,780
2	Пароізоляційна плівка	0,040	1,2	0,048
3	Утеплювач, мінераловатні плити	1,20	1,2	1,440
4	Цементно-піщана стяжка	0,60	1,3	0,780
5	Залізобетонна плита	5,50	1,1	6,050

	переkritтя			
	Всього			9,10

Таблиця 2.1.3.3 - Визначення ваги міжповерхового переkritтя на 1 м²

№	Найменування конструкції	qн, кН/м ²	γf	qрозр, кН/м ²
1	Паркет на мастиці	0,080	1,1	0,088
2	Водостійка фанера	0,350	1,2	0,420
3	Цементно-піщана стяжка	0,60	1,3	0,780
4	Залізобетонна плита переkritтя	5,50	1,1	6,050
	Всього			7,340

Таблиця 2.1.3.4 - Визначення ваги підвального переkritтя на 1 м²

№	Найменування конструкції	qн, кН/м ²	γf	qрозр, кН/м ²
1	Цементно-піщаний розчин	0,20	1,3	0,260
2	Пароізоляція, один шар руберойду	0,040	1,2	0,048
3	Утеплювач, мінераловатні плити	0,40	1,1	0,440
4	Пароізоляція, один шар руберойду	0,040	1,2	0,048
5	Залізобетонна плита переkritтя	5,50	1,1	6,050
	Всього			6,88

Для подальшого розрахунку приймаємо вантажні площі на 1 погонний метр стіни. Для зовнішньої несучої стіни вантажна ширина дорівнює половині прольоту 6,0 м: $A_z = (6,0 / 2) \cdot 1 = 3,0 \text{ м}^2$.

Для внутрішньої несучої стіни вантажна ширина приймається як половина суміжних прольотів 6,0 м та 5,10 м:

$$A_{вн} = ((6,0 + 5,10) / 2) \cdot 1 = 5,55 \text{ м}^2.$$

Навантаження від покриття визначається за формулою:

$$N_{\text{покp}} = q_{\text{покp}} \cdot A.$$

$$N_{\text{покp.з}} = 8,560 \cdot 3,0 = 25,68 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{покp.вн}} = 8,560 \cdot 5,55 = 47,51 \text{ кН/м}.$$

Навантаження від міжповерхових перекриттів визначається з урахуванням 11 перекриттів:

$$N_{\text{пер}} = q_{\text{пер}} \cdot A \cdot n,$$

$$N_{\text{пер.з}} = 7,340 \cdot 3,0 \cdot 11 = 242,22 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{пер.вн}} = 7,340 \cdot 5,55 \cdot 11 = 448,11 \text{ кН/м}.$$

Власна вага стін визначається за формулою: $N_{\text{ст}} = \delta \cdot H \cdot \gamma \cdot k$,

де δ - товщина стіни, м; H - висота будівлі, м;

γ - питома вага кладки, т/м³;

k - коефіцієнт прорізності для зовнішніх стін.

$$N_{\text{ст.з}} = 0,510 \cdot 33,570 \cdot 1,80 \cdot 0,60 = 18,49 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{ст.вн}} = 0,380 \cdot 33,570 \cdot 1,80 = 22,96 \text{ кН/м}.$$

Навантаження від перегородок приймається як рівномірно розподілене по перекриттю та передається на відповідну вантажну площу:

$$N_{\text{перег}} = q_{\text{п}} \cdot A \cdot n.$$

$$N_{\text{перег.з}} = 0,50 \cdot 3,0 \cdot 11 = 16,50 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{перег.вн}} = 0,50 \cdot 5,55 \cdot 11 = 30,53 \text{ кН/м}.$$

Снігове навантаження визначається за формулою:

$$S_{\text{м}} = \gamma_{\text{фм}} \cdot S_0 \cdot C.$$

$$S_{\text{м}} = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 0,8 = 1,28 \text{ кН/м}^2.$$

$$N_{\text{сн.з}} = S_{\text{м}} \cdot A_{\text{з}} = 1,28 \cdot 3,0 = 3,84 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{сн.вн}} = S_{\text{м}} \cdot A_{\text{вн}} = 1,28 \cdot 5,55 = 7,10 \text{ кН/м}.$$

Тимчасове експлуатаційне навантаження на міжповерхові перекриття визначається з урахуванням коефіцієнта сполучення $\psi_{\text{п}} = 0,85$:

$$N_{\text{тим}} = q \cdot A \cdot \psi_{\text{п}} \cdot n.$$

$$N_{\text{тим.з}} = 1,50 \cdot 3,0 \cdot 0,85 \cdot 11 = 42,08 \text{ кН/м};$$

$$N_{\text{тим.вн}} = 1,50 \cdot 5,55 \cdot 0,85 \cdot 11 = 77,82 \text{ кН/м}.$$

Тимчасове навантаження на горищне перекриття визначається окремо:

$$N_{гор} = q_{гор} \cdot A.$$

$$N_{гор.з} = 1,50 \cdot 3,0 = 4,50 \text{ кН/м};$$

$$N_{гор.вн} = 1,50 \cdot 5,55 = 8,33 \text{ кН/м}.$$

Таблиця 2.1.3.5 - Підсумкове навантаження на фундаменти під зовнішню та внутрішню стіни

Вид навантаження	Одиниця	Зовнішня стіна	Внутрішня стіна	γ_f	Розрах. зовн.	Розрах. внутр.
Вага покриття	кН/м	25,68	47,51	1,2	30,82	57,01
Вага перекриттів	кН/м	242,22	448,11	1,1	266,44	492,92
Вага стіни	кН/м	18,49	22,96	1,1	20,34	25,26
Вага перегородок	кН/м	16,50	30,53	1,3	21,45	39,69
Снігове навантаження	кН/м	3,84	7,10	1,4	5,38	9,94
Корисне навантаження	кН/м	42,08	77,82	1,1	46,29	85,60
Тимчасове навантаження на горище	кН/м	4,50	8,33	1,1	4,95	9,16
Всього	кН/м	353,31	642,36		395,67	719,58

Отримані результати показують, що розрахункове вертикальне навантаження на 1 погонний метр фундаменту під зовнішню несучу стіну становить 395,67 кН/м, а під внутрішню несучу стіну - 719,58 кН/м. Більше значення навантаження для внутрішньої стіни пояснюється тим, що вона сприймає навантаження від двох суміжних прольотів перекриттів.

Наведені значення використовуються у подальших розрахунках фундаментів, зокрема при визначенні розмірів ростверку, перевірці несучої здатності палі та оцінці роботи ґрунтової основи.

2.1.4 Розрахунок пального фундаменту

Для проєктованої будівлі прийнято пально-ростверковий фундамент із забивними залізобетонними палями типу С60.30-6. Несучим шаром для палі приймається четвертий інженерно-геологічний елемент – дрібний пісок.

Палі виконуються із бетону класу С25/30 та мають квадратний переріз 300×300 мм. Розрахунок несучої здатності палі виконується відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018.

Глибина закладання ростверку від рівня підлоги підвалу становить:

$$d_p = 0,6 \text{ м}$$

Глибина закладання від поверхні планування:

$$d_1 = 2,6 \text{ м}$$

Розрахункова довжина палі з урахуванням сполучення з ростверком:

$$l = 6,0 \text{ м}$$

Несуча здатність одиночної палі визначається за формулою:

$$F_d = \gamma_s (\gamma_s R \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)$$

Площа поперечного перерізу палі:

$$A = 0,30 \cdot 0,30 = 0,09 \text{ м}^2$$

Опір ґрунту по бічній поверхні палі визначається за формулою:

$$f_i = [\sigma_{zq,i} \cdot v_i / (1-v_i)] \cdot \text{tg}\varphi + c_i$$

При повному водонасиченні просідаючих ґрунтів показник текучості визначається за формулою:

$$I_L = [(0,9 \cdot e \cdot \gamma_w / \gamma_s) - W_p] / (W_L - W_p)$$

$$I_{L2} = [(0,9 \cdot 0,70 \cdot 1 / 2,57) - 0,180] / (0,310 - 0,180) = 0,50$$

$$I_{L3} = [(0,9 \cdot 0,70 \cdot 1 / 2,56) - 0,170] / (0,280 - 0,220) = 1,27$$

Оскільки для третього шару $I_L > 1$, опір ґрунту по бічній поверхні палі в цьому шарі не враховується.

Таблиця 2.1.4.1 – Визначення розрахункового опору ґрунту

№	Шар	h, м	φ, град	c, кПа	v	σ _{zq,i}	f _i , кПа	f _i ·h _i
3	2	0,6	21	33	0,37	48,6	43,90	26,40
4	3	0,8	23	35	0,37	61	-	-
5	4	2,0	21	37	0,37	147,9	70,40	140,70
6	4	1,2	21	37	0,37	178,2	77,20	92,60
7	5	1,1	32	3	0,30	198,6	56,20	61,80
							Σ	321,50

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі приймається за таблицями ДБН: $R = 2287$ кПа

Несуча здатність палі типу С60.30-6:

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 2287 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 321,50) = 591,63 \text{ кН}$$

Умова міцності палі за несучою здатністю має вигляд:

$$N \leq F_d / \gamma_k$$

$$N = 591,63 / 1,4 = 422,60 \text{ кН}$$

Для зовнішніх стін палі розташовуються в один ряд. Крок паль визначається за формулою:

$$a = (1 \cdot 422,60) / 697,43 = 0,60 \text{ м}$$

Для внутрішніх стін палі розташовуються у два ряди. Крок паль:

$$a = (2 \cdot 422,60) / 1506,40 = 0,60 \text{ м}$$

2.1.4.1 Розрахунок основи пального фундаменту за деформаціями

Середнє значення кута внутрішнього тертя ґрунтів, через які проходить паля, визначається:

$$\varphi_{II,mt} = \Sigma(\varphi_i \cdot h_i) / \Sigma h_i$$

$$\varphi_{II,mt} = (21 \cdot 0,60 + 23 \cdot 0,80 + 21 \cdot 3,20 + 32 \cdot 1,10) / (0,60 + 0,80 + 3,20 + 1,10) = 23,4^\circ$$

$$\alpha = 23,4 / 4 = 5,85^\circ$$

$$\text{tg} \alpha = 0,102$$

Ширина фундаменту:

$$B_{\text{уф}} = b + z + 2 \cdot h \cdot \text{tg} \alpha$$

$$B_{\text{уф}} = 0,300 + 0,900 + 2 \cdot 5,700 \cdot 0,102 = 2,70 \text{ м}$$

Довжина фундаменту:

$$L_{\text{уф}} = 1,0 \text{ м}$$

Нормативна вага паль:

$$G_{\text{нп}} = n(L \cdot G_{\text{п}} + G_{\text{в}})$$

$$G_{\text{нп}} = 2(6 \cdot 22 + 0,5) = 265 \text{ кН}$$

Нормативна вага ґрунту в об'ємі фундаменту:

$$G_{\text{нґ}} = 2,7 \cdot 1(17,80 \cdot 0,6 + 17,60 \cdot 0,8 + 18,90 \cdot 3,2 + 16,50 \cdot 1,1) = 279,15 \text{ кН}$$

Нормативна вага ростверку:

$$G_{рн} = 2,70 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 25 = 33,80 \text{ кН}$$

Середній тиск під подошвою умовного фундаменту:

$$P = (N_{н} + G_{рн} \cdot 1,1 + G_{нп} + G_{нг}) / (B_{уф} \cdot L_{уф})$$

$$P = (1506 + 33,8 \cdot 1,1 + 265 + 279) / (2,7 \cdot 1) = 773 \text{ кПа}$$

Розрахунковий опір ґрунту основи:

$$R = \gamma_{с1} \cdot \gamma_{с2} \cdot (M_{\gamma} \cdot k \cdot B_{уф} \cdot \gamma_{п} + M_{q} \cdot d_{уф} \cdot \gamma' + M_{с} \cdot c_{п})$$

$$R = [1,34 \cdot 2,70 \cdot 16,5 + 6,34 \cdot 8,30 \cdot 18,9 + 8,55 \cdot 3] = 1404 \text{ кПа}$$

Перевірка умови деформативності:

$$P = 773 \text{ кПа} \leq R = 1404 \text{ кПа}$$

Отже, умова розрахунку фундаменту за другою групою граничних станів виконується.

2.1.4.2 Розрахунок осідання пальового фундаменту

Осідання пальового фундаменту визначається відповідно до ДБН В.2.1-10:2018: $S = 1,44 \cdot \eta / (\eta + 1) \cdot ((p - \sigma_{zg,0}) \cdot b / E_c)$

Глибина стисливої товщі:

$$H_c = k \cdot b = 6 \cdot 2,7 = 16,2 \text{ м}$$

Середній модуль деформації ґрунтів:

$$E_m = \Sigma(E_i \cdot h_i \cdot z_i) / (0,5 \cdot H_c^2)$$

$$E_m = 29000 \text{ кПа}$$

Початковий природний тиск у ґрунті:

$$\sigma_{zg,0} = 103,39 \text{ кН/м}^2$$

Осідання фундаменту:

$$S = 1,44 \cdot 6 / (6 + 1) \cdot ((773,2 - 103,39) \cdot 2,7 / 29000)$$

$$S = 0,077 \text{ м} = 7,7 \text{ см}$$

Гранично допустиме осідання для житлової будівлі: $S_{lim} = 12 \text{ см}$

Оскільки отримане значення осідання 7,7 см менше за гранично допустиме значення 12 см, прийняте конструктивне рішення пальового фундаменту забезпечує необхідну надійність та допустимі деформації основи будівлі.

2.2. Розрахунок надземної частини 12 поверхового житлового будинку

2.2.1 Проектування та компонування збірного багатопустотного перекриття

Вихідні дані для проектування перекриття

Проектування міжповерхового перекриття виконується для 12-поверхового житлового будинку, що зводиться у місті Рівне. Конструктивне рішення перекриття приймається відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009, ДБН В.1.2-2:2006 та чинних нормативних документів щодо проектування залізобетонних конструкцій.

Основні вихідні параметри для розрахунку та компонування перекриття:
район будівництва – м. Рівне;

кількість поверхів будівлі – 12;

висота поверху – 3,0 м;

конструктивна схема будівлі – з поздовжніми несучими стінами;

клас арматури попереднього напруження – А600С;

довжина будівлі в осях:

$$L = 55,20 \text{ м}$$

ширина будівлі в осях:

$$B = 14,0 \text{ м}$$

Для перекриття приймаються наступні розрахункові навантаження:

повне розрахункове навантаження:

$$q = 11,30 \text{ кН/м}^2$$

повне нормативне навантаження:

$$q_n = 9,70 \text{ кН/м}^2$$

постійне та тривале навантаження:

$$q_{\text{пост}} = 8,70 \text{ кН/м}^2$$

короткочасне навантаження:

$$q_{\text{кор}} = 1,0 \text{ кН/м}^2$$

Прийняті значення навантажень враховують власну вагу конструкцій перекриття, підлоги, перегородок, інженерних мереж, а також експлуатаційні навантаження відповідно до призначення будівлі.

Конструктивне рішення перекриття

Для міжповерхових перекриттів будівлі прийнято збірні багатопустотні залізобетонні плити типу 1ПК заводського виготовлення. Використання багатопустотних плит є економічно доцільним рішенням для житлових багатоповерхових будівель завдяки поєднанню високої несучої здатності, зменшеної власної ваги та високого ступеня заводської готовності.

Конструкція плит перекриття характеризується наявністю круглих поздовжніх пустот, що дозволяє:

- зменшити власну вагу конструкції;
- знизити навантаження на несучі стіни та фундаменти;
- покращити звукоізоляційні властивості перекриття;
- підвищити теплотехнічну ефективність;
- зменшити витрати бетону та арматури.

Основні геометричні характеристики плит:

товщина плити:

$$h = 220 \text{ мм}$$

діаметр пустот:

$$d = 159 \text{ мм}$$

Плити перекриття працюють як однопролітні згинальні елементи, що вільно спираються на поздовжні та поперечні несучі стіни. Передача навантаження здійснюється через опорні ділянки плит на несучі конструкції будівлі.

Компонування плит перекриття

Компонування перекриття виконується з урахуванням архітектурно-планувального рішення будівлі, кроку несучих стін та технологічних вимог монтажу збірних конструкцій(рис.2.2.1).

Розкладка плит передбачає:

- мінімізацію кількості добірних елементів;
- забезпечення симетричності схеми перекриття;
- раціональне використання стандартних типорозмірів плит;
- забезпечення необхідної просторової жорсткості будівлі.

Монтаж плит здійснюється із забезпеченням нормативної глибини опирання на стіни, яка для цегляних несучих конструкцій приймається не менше:

$$a_{оп} = 120 \text{ мм}$$

Стики між плитами після монтажу заповнюються цементно-піщаним розчином та замоноличуються бетоном дрібнозернистої структури. Для забезпечення спільної роботи елементів перекриття передбачено анкерування плит між собою та зі стінами будівлі.

Визначення розрахункового навантаження на плиту перекриття

Розрахункове лінійне навантаження на плиту визначається множенням площинного навантаження на ширину плити.

Для стандартної плити шириною:

$$b = 1,2 \text{ м}$$

розрахункове навантаження становить:

$$q_l = q \times b$$

$$q_l = 11,30 \times 1,2 = 13,56 \text{ кН/м}$$

Нормативне навантаження:

$$q_{н,l} = 9,70 \times 1,2 = 11,64 \text{ кН/м}$$

Постійне та тривале навантаження:

$$q_{пост,l} = 8,70 \times 1,2 = 10,44 \text{ кН/м}$$

Короткочасне навантаження:

$$q_{кор,l} = 1,0 \times 1,2 = 1,20 \text{ кН/м}$$

У результаті компоновання міжповерхового перекриття прийнято конструктивне рішення із застосуванням збірних багатопустотних залізобетонних плит типу ІПК товщиною 220 мм.

Схема розташування елементів перекриття

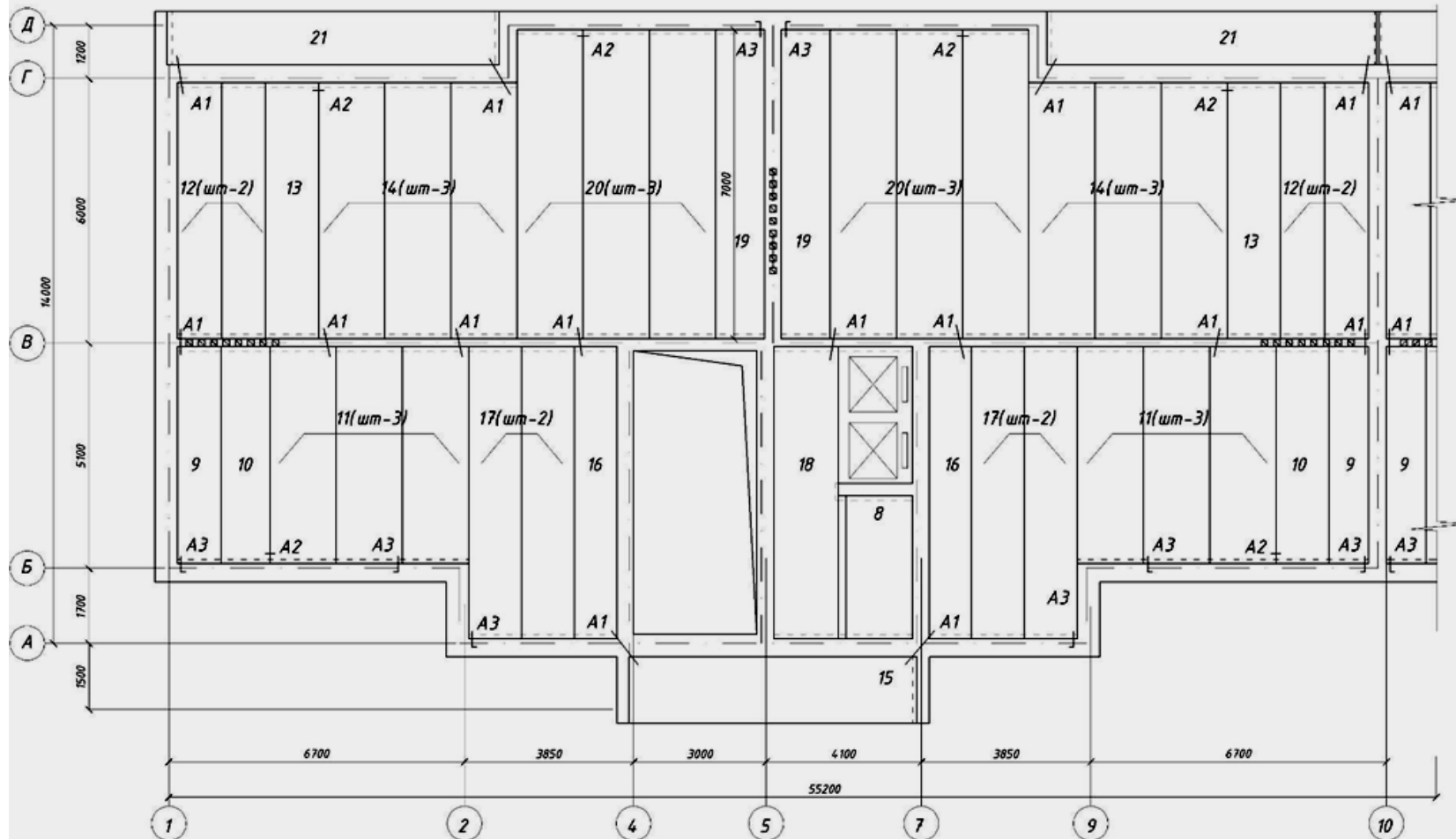


Рисунок 2.2.1 – Компонування плит перекриття

Прийнята схема перекриття забезпечує необхідну несучу здатність, просторову жорсткість та експлуатаційну надійність будівлі.

Використання багатопустотних плит дозволяє знизити власну вагу перекриття, зменшити навантаження на несучі конструкції та підвищити економічну ефективність будівництва. Прийняті конструктивні рішення відповідають вимогам чинних будівельних норм і забезпечують довговічність та безпечну експлуатацію житлового будинку.

2.2.2 Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами першої групи

Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити перекриття виконується з метою перевірки її несучої здатності за граничними станами першої групи. До таких перевірок належать визначення розрахункових згинальних моментів, поперечних сил та подальша оцінка міцності нормальних і похилих перерізів.

Для розрахунку приймається збірна багатопустотна залізобетонна плита перекриття типу ПК 60.15-8А600. Номінальна ширина плити становить 1,5 м. Геометричні розміри плити:

$$L = 5980 \text{ мм};$$

$$b = 1490 \text{ мм};$$

$$h = 220 \text{ мм}.$$

Плита має 7 круглих пустот і виготовляється з попереднім електротермічним натяганням арматури на упори. Як основна робоча арматура приймається арматура класу А600С. Бетон плити прийнято важкий класу С16/20.

Плита працює як однопролітна вільнооперта балка, яка сприймає рівномірно розподілене навантаження від конструкції підлоги, власної ваги, перегородок та експлуатаційного навантаження.

Розрахунковий проліт плити визначається як відстань між серединами опор. При довжині плити 5980 мм та глибині опираючої 120 мм розрахунковий проліт становить:

$$l_0 = 5980 - 120 = 5860 \text{ мм} = 5,86 \text{ м.}$$

Навантаження на перекриття приймаються такими:

повне розрахункове навантаження:

$$q = 11,30 \text{ кН/м}^2;$$

повне нормативне навантаження:

$$q_n = 9,70 \text{ кН/м}^2;$$

постійне та тривале навантаження:

$$q_l = 8,70 \text{ кН/м}^2;$$

короткочасне навантаження:

$$q_{sh} = 1,0 \text{ кН/м}^2.$$

Оскільки розраховується плита шириною 1,5 м, площинне навантаження переводиться у погонне за формулою:

$$q_{\text{пог}} = q \cdot b.$$

Для ширини плити $b = 1,5$ м одержуємо:

- повне розрахункове погонне навантаження:

$$q_{Ed} = 11,30 \cdot 1,5 = 16,95 \text{ кН/м};$$

- повне нормативне погонне навантаження:

$$q_n = 9,70 \cdot 1,5 = 14,55 \text{ кН/м};$$

- постійне та тривале погонне навантаження:

$$q_l = 8,70 \cdot 1,5 = 13,05 \text{ кН/м};$$

- короткочасне погонне навантаження:

$$q_{sh} = 1,0 \cdot 1,5 = 1,50 \text{ кН/м}.$$

Для однопролітної вільноопертої плити максимальний згинальний момент визначається за формулою:

$$M = q \cdot l_0^2 / 8.$$

Максимальна поперечна сила визначається за формулою:

$$V = q \cdot l_0 / 2.$$

Згинальний момент від повного розрахункового навантаження:

$$M_{Ed} = 16,95 \cdot 5,86^2 / 8 = 72,76 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Поперечна сила від повного розрахункового навантаження:

$$V_{Ed} = 16,95 \cdot 5,86 / 2 = 49,66 \text{ кН.}$$

Згинальний момент від повного нормативного навантаження:

$$M_n = 14,55 \cdot 5,86^2 / 8 = 62,45 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від повного нормативного навантаження:

$$V_n = 14,55 \cdot 5,86 / 2 = 42,63 \text{ кН.}$$

Згинальний момент від постійного та тривалого навантаження:

$$M_l = 13,05 \cdot 5,86^2 / 8 = 56,02 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від постійного та тривалого навантаження:

$$V_l = 13,05 \cdot 5,86 / 2 = 38,24 \text{ кН.}$$

Згинальний момент від короткочасного навантаження:

$$M_{sh} = 1,50 \cdot 5,86^2 / 8 = 6,44 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від короткочасного навантаження:

$$V_{sh} = 1,50 \cdot 5,86 / 2 = 4,40 \text{ кН.}$$

Таблиця 2.2.2.1 – Розрахункові зусилля у багатопустотній плиті перекриття

Вид навантаження	Погонне навантаження, кН/м	Згинальний момент, кН·м	Поперечна сила, кН
Повне розрахункове	16,95	72,76	49,66
Повне нормативне	14,55	62,45	42,63
Постійне та тривале	13,05	56,02	38,24
Короткочасне	1,50	6,44	4,40

Отримані значення згинальних моментів і поперечних сил використовуються для подальшої перевірки міцності нормальних перерізів плити на дію згинального моменту та похилих перерізів на дію поперечної сили. Найбільшими є зусилля від повного розрахункового навантаження, тому саме вони приймаються основними при розрахунку плити за граничними станами першої групи.

Для плити ПК 60.15-8А600 при розрахунковому прольоті 5,86 м максимальний згинальний момент становить 72,76 кН·м, а максимальна

поперечна сила становить 49,66 кН. Ці значення є вихідними для подальшого конструктивного розрахунку попередньо напруженої арматури та перевірки несучої здатності плити перекриття.

2.2.2.1 Розрахунок міцності нормальних та похилих перерізів багатопустотної плити

Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити перекриття ПК 60.15-8А600 виконується за граничними станами першої групи. Метою розрахунку є перевірка несучої здатності плити за міцністю нормальних перерізів на дію згинального моменту та похилих перерізів на дію поперечної сили.

Для розрахунку багатопустотна плита приводиться до еквівалентного таврового перерізу (рис.2.2.2.1.1). Загальна висота плити становить: $h = 220$ мм.

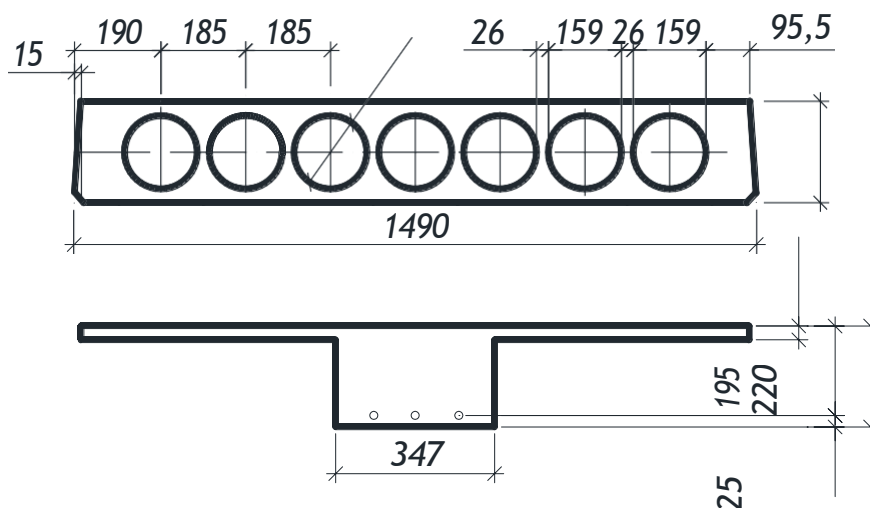


Рисунок 2.2.2.1.1–Переріз плити для розрахунку

Плита має 7 круглих пустот діаметром 159 мм. Ефективна ширина полиці з урахуванням підрізків приймається: $b_{\text{eff}} = 1460$ мм.

Ширина ребра розрахункового перерізу визначається як різниця між ефективною шириною полиці та сумарною шириною пустот:

$$b_w = b_{\text{eff}} - 7 \cdot 159$$

$$b_w = 1460 - 7 \cdot 159 = 347 \text{ мм.}$$

Висота стиснутої полиці:

$$h'f = (h - 159) / 2$$

$$h'f = (220 - 159) / 2 = 30,5 \text{ мм.}$$

Робоча висота перерізу приймається з урахуванням захисного шару та положення робочої арматури: $d = h - a$

$$d = 220 - 25 = 195 \text{ мм.}$$

Розрахунковий згинальний момент від повного розрахункового навантаження, визначений у попередньому підрозділі, становить:

$$M_{ed} = 72,76 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Для перевірки положення нейтральної осі визначається момент, який може сприйняти стиснута полиця таврового перерізу:

$$MR_{df} = \alpha_{mf} \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2.$$

Відносна висота стиснутої полиці:

$$\xi_f = h'f / d$$

$$\xi_f = 30,5 / 195 = 0,156.$$

Коефіцієнт α_{mf} визначається за формулою:

$$\alpha_{mf} = \omega_c \cdot \xi_f \cdot (1 - \beta \cdot \xi_f)$$

$$\alpha_{mf} = 0,91 \cdot 0,156 \cdot (1 - 0,457 \cdot 0,156) = 0,132.$$

Тоді момент, який сприймається стиснутою полицею, дорівнює:

$$MR_{df} = 0,132 \cdot 11,50 \cdot 1460 \cdot 195^2$$

$$MR_{df} = 84,27 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Порівнюємо отримане значення з розрахунковим згинальним моментом:

$$MR_{df} = 84,27 \text{ кН}\cdot\text{м} > M_{ed} = 72,76 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Оскільки несуча здатність стиснутої полиці більша за діючий згинальний момент, нейтральна вісь проходить у межах полиці. Отже, подальший розрахунок можна виконувати як для прямокутного перерізу шириною:

$$b = b_{eff} = 1460 \text{ мм.}$$

Для визначення області деформування перевіряємо граничні значення відносної висоти стиснутої зони.

Відносна висота, що відповідає початку області деформування:

$$\xi_a = \varepsilon_{3,cd} / (\varepsilon_{3,cd} + \varepsilon_{ud})$$

$$\xi_a = 0,58 / (0,58 + 18) = 0,031.$$

Гранична деформація арматури:

$$\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk} \cdot 0,9$$

$$\varepsilon_{ud} = 0,02 \cdot 0,9 = 0,018 = 18\text{‰}.$$

Відносна висота, що відповідає межі переходу:

$$\xi_b = \varepsilon_{cu3,cd} / (\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{ud})$$

$$\xi_b = 3,23 / (3,23 + 18) = 0,152.$$

Гранична відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_{lim} = \varepsilon_{cu3,cd} / (\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{so})$$

$$\xi_{lim} = 3,23 / (3,23 + 2,5) = 0,564.$$

Деформація арматури при досягненні розрахункового опору:

$$\varepsilon_{so} = f_{pd} / E_p$$

$$\varepsilon_{so} = 479,17 / 190000 = 0,0025 = 2,5\text{‰}.$$

Оскільки:

$$\xi_b = 0,152 < \xi_f = 0,156 < \xi_{lim} = 0,564,$$

переріз працює в області деформування 2.

Визначаємо коефіцієнт α_m :

$$\alpha_m = M_{ed} / (f_{cd} \cdot b \cdot d^2)$$

$$\alpha_m = 72,76 \cdot 10^6 / (11,50 \cdot 1460 \cdot 195^2) = 0,110.$$

Відносне плече внутрішньої пари сил:

$$\eta = 0,5 + \sqrt{(0,25 - 2\beta \cdot \alpha_m)}$$

$$\eta = 0,5 + \sqrt{(0,25 - 2 \cdot 0,457 \cdot 0,110)} = 0,940.$$

Плече внутрішньої пари сил:

$$z_c = \eta \cdot d$$

$$z_c = 0,940 \cdot 195 = 182,5 \text{ мм}.$$

Необхідна площа робочої попередньо напруженої арматури:

$$A_{st} = M_{ed} / (f_{yd} \cdot z_c)$$

$$A_{st} = 72,76 \cdot 10^6 / (479,17 \cdot 182,5) = 832,03 \text{ мм}^2.$$

За результатами розрахунку приймаємо робочу арматуру: 8Ø12 A600C.

Фактична площа прийнятої арматури: $A_{st,пр} = 905 \text{ мм}^2$.

Оскільки:

$$A_{st,пр} = 905 \text{ мм}^2 > A_{st,потр} = 832,03 \text{ мм}^2,$$

міцність нормального перерізу забезпечена.

Виконуємо перевірку висоти стиснутої зони бетону:

$$x = d \cdot (1 - \eta) / \beta$$

$$x = 195 \cdot (1 - 0,940) / 0,457 = 25,6 \text{ мм.}$$

Відносні деформації розтягнутої арматури:

$$\varepsilon_{st} = \varepsilon_{cu3,cd} \cdot (d - x) / x$$

$$\varepsilon_{st} = 3,23 \cdot (195 - 25,6) / 25,6 = 21,37\%.$$

Отримане значення деформації розтягнутої арматури підтверджує правильність прийнятої області роботи перерізу.

2.2.2.2 Розрахунок міцності перерізів, похилих до поздовжньої осі

Розрахунок похилих перерізів виконується з метою перевірки несучої здатності плити на дію поперечної сили. Поперечна арматура приймається класу A240C. Кількість поперечних стержнів у складі каркаса: $n = 4$.

Максимальна поперечна сила від повного розрахункового навантаження становить: $V_{ed} = 49,66 \text{ кН}$.

Поперечна сила, яку може сприйняти елемент без встановлення розрахункової поперечної арматури, визначається за формулою:

$$V_{Rd,c} = [(0,18 / \gamma_c) \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d.$$

Коефіцієнт k :

$$k = 1 + \sqrt{(200 / d)}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200 / 195)} = 2,01.$$

Оскільки за нормами значення k приймається не більше 2, остаточно приймаємо: $k = 2,0$.

Коефіцієнт поздовжнього армування:

$$\rho_l = A_{st} / (b_w \cdot d)$$

$$\rho_l = 905 / (347 \cdot 195) = 0,013.$$

Площа бетонного перерізу:

$$A_c = b_w \cdot h$$

$$A_c = 347 \cdot 220 = 76340 \text{ мм}^2.$$

Сила попереднього напруження не повинна перевищувати:

$$P_{\max} = A_p \cdot \sigma_{p,\max}$$

Максимальне напруження в арматурі при натягуванні:

$$\sigma_{p,\max} = 0,8 \cdot f_{pk}$$

$$\sigma_{p,\max} = 0,8 \cdot 630 = 504 \text{ МПа.}$$

Також перевіряється умова:

$$\sigma_{p,\max} = 0,9 \cdot f_{p0,1k}$$

$$\sigma_{p,\max} = 0,9 \cdot 575 = 517,5 \text{ МПа.}$$

Приймаємо менше значення:

$$\sigma_{p,\max} = 504 \text{ МПа.}$$

Тоді сила попереднього напруження:

$$P_{\max} = 504 \cdot 905 = 456120 \text{ Н} = 456,12 \text{ кН.}$$

Середнє стискуєче напруження в бетоні:

$$\sigma_{ср} = N_{ed} / A_c$$

$$\sigma_{ср} = 456120 / 76340 = 5,97 \text{ МПа.}$$

Згідно з обмеженням:

$$\sigma_{ср} \leq 0,20 \cdot f_{cd}$$

$$0,20 \cdot f_{cd} = 0,20 \cdot 11,50 = 2,30 \text{ МПа.}$$

Оскільки розрахункове значення перевищує допустиме, приймаємо:

$$\sigma_{ср} = 2,30 \text{ МПа.}$$

Розрахункова поперечна сила, яку сприймає бетон без поперечного армування:

$$V_{Rd,c} = [(0,18 / 1,30) \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,013 \cdot 15)^{1/3} + 0,15 \cdot 2,30] \cdot 347 \cdot 195$$

$$V_{Rd,c} = 50435 \text{ Н} = 50,435 \text{ кН.}$$

Мінімальне значення несучої здатності похилого перерізу:

$$V_{Rd,\min} = (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{ср}) \cdot b_w \cdot d.$$

$$\text{Коефіцієнт } v_{\min}: v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 15^{1/2} = 0,390 \text{ МПа.}$$

Тоді:

$$VR_{d,\min} = (0,390 + 0,15 \cdot 2,30) \cdot 347 \cdot 195$$

$$VR_{d,\min} = 49,734 \text{ кН.}$$

Порівнюємо значення:

$$VR_{d,c} = 50,435 \text{ кН} > VR_{d,\min} = 49,734 \text{ кН.}$$

Також перевіряємо умову сприйняття поперечної сили:

$$VR_{d,c} = 50,435 \text{ кН} > V_{ed} = 49,66 \text{ кН.}$$

Отже, несуча здатність похилого перерізу забезпечена без встановлення додаткової розрахункової поперечної арматури.

За результатами розрахунку міцності нормальних перерізів встановлено, що для плити ПК 60.15-8А600 необхідна площа попередньо напруженої робочої арматури становить 832,03 мм². Прийнята арматура 8Ø12 А600С з фактичною площею 905 мм² забезпечує необхідну несучу здатність плити на дію згинального моменту.

Розрахунок похилих перерізів показав, що поперечна сила, яку сприймає бетонний переріз без додаткового поперечного армування, становить 50,435 кН, що більше за діючу поперечну силу 49,66 кН. Отже, додаткове поперечне армування за розрахунком не потрібне. Прийняте конструктивне рішення плити відповідає вимогам міцності за граничними станами першої групи.

2.2.3 Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами другої групи

Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами другої групи виконується з метою перевірки її експлуатаційної придатності. До таких перевірок належать розрахунок за утворенням і розкриттям тріщин, а також перевірка прогину плити. Розрахунок виконується для плити ПК 60.15-8А600 розмірами 5980 × 1490 × 220 мм, виготовленої з важкого бетону класу С16/20 із попередньо напруженою арматурою класу А600С.

2.2.3.1 Розрахунок за утворенням і розкриттям тріщин

Для оцінки тріщиностійкості нормального перерізу визначається відносна висота стиснутої зони:

$$\xi = (A_{st} \cdot f_{yd}) / [0,5 \cdot (1 + k) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d]$$

Вихідні дані для розрахунку:

$$A_{st} = 905 \text{ мм}^2;$$

$$f_{yd} = 479,17 \text{ МПа};$$

$$f_{cd} = 11,50 \text{ МПа};$$

$$b = 1500 \text{ мм};$$

$$d = 195 \text{ мм};$$

$$k = 0,820.$$

$$\xi = (905 \cdot 479,17) / [0,5 \cdot (1 + 0,820) \cdot 11,50 \cdot 1500 \cdot 195] = 0,14$$

Висота стиснутої зони:

$$x = \xi \cdot h$$

$$x = 0,14 \cdot 220 = 30,80 \text{ мм}$$

Мінімальна площа армування у розтягнутій зоні визначається з умови:

$$A_{s,min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

Площа розтягнутої зони бетону:

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b$$

$$A_{ct} = (220 - 30,80) \cdot 1500 = 283800 \text{ мм}^2 = 0,284 \text{ м}^2$$

Для бетону класу С16/20 приймаємо:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 1,9 \text{ МПа}$$

Для прямокутного перерізу приймаємо:

$$k_c = 1,0; \quad k = 1,0$$

Мінімальна площа армування:

$$A_{s,min} = (1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,9 \cdot 0,284) / 630 = 0,00086 \text{ м}^2$$

$$A_{s,min} = 860 \text{ мм}^2$$

Фактично прийнята площа арматури:

$$A_s = 905 \text{ мм}^2$$

Порівнюємо:

$$A_s = 905 \text{ мм}^2 > A_{s,\text{min}} = 860 \text{ мм}^2$$

Отже, мінімальна площа армування забезпечена.

Для подальшої перевірки визначається ширина розкриття тріщин при дії згинального моменту від повного нормативного навантаження:

$$M_n = 62,45 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Висота стиснутої зони при розрахунку за другою групою граничних станів приймається:

$$x / h = 0,45$$

$$x = 0,45 \cdot 220 = 99 \text{ мм}$$

Напруження в розтягнутій арматурі приймається:

$$\sigma_s = 0,710 \cdot 630 = 447,30 \text{ МПа}$$

Відношення модулів пружності арматури і бетону:

$$\alpha_e = E_p / E_{cm}$$

$$\alpha_e = (19 \cdot 10^4) / (27 \cdot 10^3) = 7,037$$

Ефективна висота розтягнутої зони визначається як найменше з трьох значень:

$$h_{c,\text{eff}} = 2,5(h - d)$$

$$h_{c,\text{eff}} = 2,5(220 - 195) = 62,50 \text{ мм}$$

$$h_{c,\text{eff}} = (h - x) / 3$$

$$h_{c,\text{eff}} = (220 - 99) / 3 = 40,33 \text{ мм}$$

$$h_{c,\text{eff}} = h / 2$$

$$h_{c,\text{eff}} = 220 / 2 = 110 \text{ мм}$$

Приймаємо найменше значення:

$$h_{c,\text{eff}} = 40,33 \text{ мм}$$

Ефективна площа бетону в розтягнутій зоні:

$$A_{c,\text{eff}} = b \cdot h_{c,\text{eff}}$$

$$A_{c,\text{eff}} = 1,5 \cdot 0,04033 = 0,060 \text{ м}^2$$

Ефективний коефіцієнт армування:

$$\rho_{p,\text{eff}} = A_s / A_{c,\text{eff}}$$

$$\rho_{p,\text{eff}} = 0,000905 / 0,060 = 0,015$$

Різниця середніх деформацій арматури та бетону визначається за формулою:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{p,eff}) \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})] / E_p$$

Приймаємо:

$$k_t = 0,4$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm} = [447,30 - 0,4 \cdot (1,9 / 0,015) \cdot (1 + 7,037 \cdot 0,015)] / (19 \cdot 10^4)$$

За результатом розрахунку:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm} = 0,00050$$

Мінімальне допустиме значення:

$$0,6 \cdot \sigma_s / E_p$$

$$0,6 \cdot 447,30 / (19 \cdot 10^4) = 0,00140$$

Оскільки розрахункове значення менше мінімального, приймаємо:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm} = 0,00140$$

Максимальна відстань між тріщинами визначається за формулою:

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + (k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varphi) / \rho_{p,eff}$$

Приймаємо такі коефіцієнти:

$$k_1 = 0,80; \quad k_2 = 0,50; \quad k_3 = 3,40; \quad k_4 = 0,425$$

$$c = 20 \text{ мм}; \quad \varphi = 12 \text{ мм}$$

$$S_{r,max} = 3,40 \cdot 20 + (0,80 \cdot 0,50 \cdot 0,425 \cdot 12) / 0,015 = 204 \text{ мм}$$

Ширина розкриття тріщин:

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{ctm})$$

$$W_k = 204 \cdot 0,00140 = 0,286 \text{ мм}$$

Для класу умов експлуатації Х0 допустима ширина розкриття тріщин:

$$W_{k,lim} = 0,40 \text{ мм}$$

Перевірка умови:

$$W_k = 0,286 \text{ мм} < W_{k,lim} = 0,40 \text{ мм}$$

Отже, умова тріщиностійкості виконується.

2.2.3.2 Розрахунок плити за деформаціями

Перевірка прогину виконується за співвідношенням прольоту до робочої висоти перерізу. Спочатку визначається базове допустиме співвідношення l/d .

Коефіцієнт армування:

$$\rho = A_s / (b \cdot d)$$

$$\rho = 905 / (1500 \cdot 195) = 0,00310$$

Граничне значення коефіцієнта армування:

$$\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_0 = 10^{-3} \sqrt{15} = 0,00390$$

Оскільки:

$$\rho = 0,00310 < \rho_0 = 0,00390$$

співвідношення l/d визначається за формулою:

$$l/d = k[11 + 1,5\sqrt{f_{ck}} \cdot (\rho_0/\rho) + 3,2\sqrt{f_{ck}} \cdot (\rho_0/\rho - 1)^{3/2}]$$

Для плити приймаємо:

$$k = 1$$

$$l/d = 1[11 + 1,5\sqrt{15} \cdot (0,00390/0,00310) + 3,2\sqrt{15} \cdot (0,00390/0,00310 - 1)^{3/2}]$$

$$l/d = 19,93$$

З урахуванням напруження в арматурі виконується коригування:

$$(l/d)_{lim} = 19,93 \cdot 310 / 426 = 14,50$$

Фактичне співвідношення прольоту до робочої висоти:

$$l/d = 5980 / 195 = 30,67$$

Порівняння:

$$l/d = 30,67 > (l/d)_{lim} = 14,50$$

Отже, перевірку прогину необхідно виконувати розрахунковим шляхом.

Прогин плити визначається за формулою:

$$f = (1/r) \cdot k_{ml} \cdot l^2$$

де:

$$1/r = 0,00490$$

$$kml = 5 / 48$$

$$l = 5,980 \text{ м}$$

Підставляємо значення:

$$f = 0,00490 \cdot (5/48) \cdot 5,980^2$$

$$f = 0,0180 \text{ м}$$

$$f = 18 \text{ мм}$$

Допустимий прогин:

$$f_u = (1/150) \cdot l$$

$$f_u = (1/150) \cdot 5,980 = 0,040 \text{ м}$$

$$f_u = 40 \text{ мм}$$

Перевірка умови:

$$f = 18 \text{ мм} < f_u = 40 \text{ мм}$$

Отже, умова за деформаціями виконується.

Таблиця 2.2.3.2.1 - Підсумкові результати перевірки плити за граничними станами другої групи

Показник	Розрахункове значення	Допустиме значення	Висновок
Ширина розкриття тріщин W_k	0,286 мм	0,40 мм	Умова виконується
Прогин плити f	18 мм	40 мм	Умова виконується
Коефіцієнт армування ρ	0,00310	$\rho_0 = 0,00390$	Потрібна розрахункова перевірка прогину

За результатами розрахунку багатопустотної попередньо напруженої плити ПК 60.15-8А600 за граничними станами другої групи встановлено, що ширина розкриття тріщин становить 0,286 мм, що не перевищує допустиме значення 0,40 мм для прийнятих умов експлуатації. Розрахунковий прогин плити дорівнює 18 мм, що менше допустимого прогину 40 мм. Отже, плита відповідає вимогам тріщиностійкості, жорсткості та експлуатаційної придатності.

РОЗДІЛ ІІІ

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Організаційно-технологічна підготовка будівельного майданчика до виконання основних робіт

Підготовчий період будівництва є одним із найважливіших етапів реалізації будівельного проєкту, оскільки саме на цій стадії створюються необхідні організаційні, технічні та виробничі умови для безпечного й безперервного виконання основних будівельно-монтажних робіт. Якісна підготовка будівельного майданчика дозволяє забезпечити раціональне використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, скоротити строки будівництва та підвищити ефективність виконання робіт.

Організаційно-технологічні заходи підготовчого періоду виконуються відповідно до вимог:

- ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»;
- ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»;
- ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- чинних нормативних документів з організації будівельного виробництва.

Підготовчий період для будівництва 12-поверхового житлового будинку у місті Рівне включає комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на підготовку території забудови та створення необхідної інфраструктури будівельного майданчика.

До основних робіт підготовчого періоду належать:

- оформлення дозвільної та виконавчої документації;
- геодезична підготовка території;
- розчищення та планування будівельного майданчика;
- улаштування тимчасових інженерних мереж;

- спорудження тимчасових будівель і споруд;
- організація складських і монтажних зон;
- забезпечення майданчика засобами пожежної безпеки;
- улаштування тимчасових доріг і проїздів;
- монтаж огороження будівельного майданчика;
- підключення тимчасового електропостачання та освітлення.

Перед початком будівельно-монтажних робіт виконується винесення основних осей будівлі в натуру та закріплення геодезичної розбивочної основи. Геодезичні роботи проводяться із застосуванням сучасних вимірювальних приладів відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009.

Територія будівельного майданчика попередньо очищується від рослинного шару ґрунту, будівельного сміття та сторонніх предметів. Родючий шар ґрунту зрізається та складається окремо для подальшого використання при благоустрої території.

Товщина рослинного шару приймається:

$$h_{\text{росл}} = 0,20 - 0,30 \text{ м}$$

Об'єм зрізання рослинного шару визначається за формулою:

$$V = S \times h$$

де:

S – площа будівельного майданчика;

h – товщина рослинного шару.

При площі ділянки: $S = 5412 \text{ м}^2$

та середній товщині шару: $h = 0,25 \text{ м}$

одержуємо:

$$V = 5412 \times 0,25 = 1353 \text{ м}^3$$

Для забезпечення безпечного руху транспорту та будівельної техніки на майданчику передбачено улаштування тимчасових автомобільних доріг із щебеним покриттям. Ширина основних тимчасових проїздів приймається:

$$b = 3,5 - 6,0 \text{ м}$$

Радіуси заокруглення доріг забезпечують можливість руху великовантажного транспорту та монтажної техніки.

Будівельний майданчик огорожується тимчасовою захисною огорожею висотою: $h = 2,0$ м

На в'їзді до майданчика встановлюються:

- інформаційний стенд об'єкта;
- схема руху транспорту;
- попереджувальні знаки;
- пункт очищення коліс автотранспорту.

Для забезпечення потреб будівництва у воді та електроенергії виконуються тимчасові підключення до існуючих міських мереж. Тимчасове електропостачання використовується для:

- роботи будівельних машин і механізмів;
- живлення електроінструменту;
- зовнішнього освітлення майданчика;
- роботи побутових приміщень.

Освітлення будівельного майданчика організовується відповідно до вимог охорони праці та норм безпеки виконання робіт у темний час доби.

Для обслуговування працівників на території будівництва передбачаються тимчасові інвентарні будівлі контейнерного типу:

- побутові приміщення;
- гардеробні;
- приміщення для прийому їжі;
- санітарно-побутові вузли;
- приміщення для виконроба та технічного персоналу.

Розміщення тимчасових споруд виконується з урахуванням вимог пожежної безпеки, санітарних норм та мінімізації внутрішньомайданчикових перевезень.

Для складування будівельних матеріалів і конструкцій передбачаються відкриті та закриті складські майданчики. Площі складів визначаються залежно від запасу матеріалів та інтенсивності постачання.

Під час підготовчого періоду також виконуються заходи з охорони праці та екологічної безпеки:

- встановлення попереджувальних знаків;
- організація безпечних проходів;
- улаштування тимчасового освітлення;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння;
- контроль рівня шуму та запиленості;
- організація місць збору будівельних відходів.

Усі роботи підготовчого періоду виконуються до початку основного циклу будівельно-монтажних робіт та завершуються оформленням акту готовності будівельного майданчика до будівництва.

У результаті виконання комплексу організаційно-технологічних заходів підготовчого періоду створюються необхідні умови для безпечного, безперервного та ефективного виконання основних будівельно-монтажних робіт. Прийняті рішення забезпечують раціональну організацію будівельного майданчика, дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки та технологічної послідовності будівництва 12-поверхового житлового будинку.

3.2 Технологічна послідовність та методи виконання будівельно-монтажних робіт

Організація процесу зведення багатоповерхового житлового будинку передбачає раціональне поєднання технологічних операцій, будівельних машин, трудових ресурсів і матеріально-технічного забезпечення. Вибір методів виконання робіт здійснюється з урахуванням конструктивної схеми будівлі, об'ємно-планувальних рішень, умов будівельного майданчика та вимог чинних нормативних документів.

Прийнята організаційно-технологічна схема будівництва передбачає потоковий метод виконання робіт із поділом будівлі на окремі захватки та

яруси. Такий підхід дозволяє забезпечити рівномірне завантаження робітників і будівельної техніки, скоротити тривалість будівництва та підвищити ефективність використання ресурсів.

Основний принцип організації робіт полягає у послідовному виконанні технологічних процесів із максимальним суміщенням окремих видів робіт у часі.

Будівництво об'єкта виконується у два основні періоди:

- підготовчий;
- основний.

Основний період будівництва включає:

- земляні роботи;
- улаштування фундаментів;
- зведення підземної частини будівлі;
- монтаж надземних конструкцій;
- улаштування покриття;
- виконання інженерних мереж;
- оздоблювальні роботи;
- благоустрій території.

Земляні роботи

Розробка котловану виконується механізованим способом із використанням одноковшевих екскаваторів зі зворотною лопатою. Ґрунт розробляється пошарово з подальшим навантаженням у автосамоскиди та вивезенням за межі будівельного майданчика.

Для остаточного планування дна котловану застосовується ручне доопрацювання ґрунту.

Укоси котловану приймаються відповідно до фізико-механічних характеристик ґрунтів та вимог безпечного виконання робіт.

Після завершення розробки котловану виконуються:

- геодезична перевірка відміток;
- улаштування підготовки;

- бетонна підготовка під фундаменти;
- влаштування дренажних та водовідвідних заходів.

Улаштування фундаментів

Для будівлі прийнято пальово-ростверкову систему фундаментів із забивними залізобетонними палями.

Занурення паль виконується копровими установками методом ударного забивання. Після завершення влаштування пального поля проводиться контроль якості паль та виконується обрізання голів паль до проектної відмітки.

Монолітні ростверки бетонуються в інвентарній щитовій опалубці із застосуванням автобетононасоса.

Арматурні каркаси виготовляються централізовано та монтуються краном у проектне положення.

Укладання бетонної суміші здійснюється шарами товщиною:

$$h = 300 - 400 \text{ мм}$$

з обов'язковим ущільненням глибинними вібраторами.

Зведення надземної частини будівлі

Надземна частина житлового будинку зводиться потоково-ярусним методом із використанням баштового крана.

Основними процесами при зведенні надземної частини є:

- мурування несучих стін;
- монтаж плит перекриття;
- улаштування сходових маршів;
- монтаж балконних плит та лоджій;
- встановлення перегородок.

Цегляна кладка виконується ярусами висотою: $h_{\text{яр}} = 1,0 - 1,2 \text{ м}$ з використанням інвентарних підмостків та засобів малої механізації.

Подача матеріалів до робочих місць здійснюється баштовим краном. Розчин подається у спеціальних бункерах, а цегла – у пакетах на піддонах.

Монтаж плит перекриття виконується після досягнення необхідної міцності кладки. Плити встановлюються краном на шар цементно-піщаного розчину з подальшим анкеруванням та замонолічуванням стиків.

Монтаж конструкцій виконується за принципом:

- встановлення;
- тимчасове закріплення;
- вивірка;
- остаточне закріплення.

Виконання покрівельних робіт

Після завершення монтажу покриття виконуються роботи з улаштування рулонної покрівлі.

Технологічна послідовність включає:

- улаштування пароізоляції;
- монтаж утеплювача;
- виконання цементно-піщаної стяжки;
- улаштування гідроізоляційного килима;
- захисний шар покрівлі.

Покрівельні роботи виконуються відповідно до вимог технологічних карт та норм безпеки праці.

Оздоблювальні роботи

Оздоблювальні роботи виконуються після завершення монтажу інженерних мереж та закриття теплового контуру будівлі.

До основних оздоблювальних процесів належать:

- штукатурні роботи;
- шпаклювання поверхонь;
- фарбування;
- облицювання плиткою;
- улаштування підлог;
- монтаж столярних виробів.

Внутрішні роботи організуються потоковим методом по поверхах із поділом на захватки.

Монтаж інженерних систем

Монтаж внутрішніх інженерних мереж виконується паралельно з оздоблювальними роботами.

Передбачено монтаж:

- системи водопостачання;
- каналізації;
- опалення;
- електропостачання;
- вентиляції;
- слабкострумівих мереж.

Усі інженерні системи після монтажу проходять випробування та налагодження.

Організація будівельного потоку

Для скорочення тривалості будівництва роботи організуються із частковим суміщенням процесів.

Тривалість виконання окремих робіт визначається за формулою:

$$T = Q/N \times P$$

де:

Q – обсяг робіт;

N – кількість робітників;

P – продуктивність праці.

Потокова організація робіт дозволяє:

- скоротити простої техніки;
- забезпечити ритмічність будівництва;
- підвищити продуктивність праці;
- оптимізувати використання ресурсів.

Заходи з охорони праці

Під час виконання будівельно-монтажних робіт передбачаються:

- огороження небезпечних зон;
- використання інвентарних риштувань;
- застосування страхувальних засобів;
- контроль технічного стану машин і механізмів;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Монтажні та висотні роботи виконуються відповідно до вимог охорони праці та промислової безпеки.

Прийнята організаційно-технологічна схема будівництва забезпечує раціональну послідовність виконання робіт, безпечну експлуатацію будівельної техніки та ефективне використання трудових і матеріально-технічних ресурсів. Застосування потокового методу організації будівництва дозволяє скоротити тривалість зведення об'єкта, забезпечити високу якість будівельно-монтажних робіт та дотримання нормативних вимог під час будівництва 12-поверхового житлового будинку.

3.3 Вибір основного вантажопідіймального механізму для виконання монтажних робіт

Одним із найважливіших етапів організаційно-технологічного проектування будівництва є вибір ведучого монтажного механізму. Від правильності підбору крана залежать технологічна можливість монтажу конструкцій, безпечність виконання робіт, тривалість будівництва та економічна ефективність будівельно-монтажного процесу.

Вибір монтажного крана виконується з урахуванням:

- конструктивної схеми будівлі;
- поверховості та висоти споруди;
- маси та габаритів монтажних елементів;
- умов будівельного майданчика;
- радіуса обслуговування;
- інтенсивності монтажних робіт;
- вимог охорони праці та промислової безпеки.

Для будівництва 12-поверхового житлового будинку у місті Рівне приймається баштовий кран, який забезпечує подачу конструкцій, матеріалів та обладнання в межах усієї зони будівництва.

При виборі крана визначаються основні розрахункові параметри:

- необхідна вантажопідйомність;
- висота підйому гака;
- необхідний виліт стріли;
- зона обслуговування крана.

Визначення необхідної вантажопідйомності крана

Необхідна вантажопідйомність монтажного крана визначається як сума маси монтажного елемента та маси вантажозахоплювальних пристроїв.

Розрахунок виконується за формулою: $Q_{\max} = Q_{\text{ел}} + Q_{\text{ос}}$

де:

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

$Q_{\text{ос}}$ – маса стропувального оснащення.

Для монтажу найбільш важкого елемента приймаємо: $Q_{\text{ел}} = 3,27$ т

Маса вантажозахоплювального оснащення: $Q_{\text{ос}} = 0,088$ т

Тоді:

$$Q_{\max} = 3,27 + 0,088 = 3,358 \text{ т}$$

Приймаємо:

$$Q_{\max} = 3,36 \text{ т}$$

Отримане значення визначає мінімально необхідну вантажопідйомність крана на відповідному вильоті стріли.

Визначення необхідної висоти підйому гака

Висота підйому гака визначається виходячи з висоти будівлі, запасу безпеки при монтажі та висоти вантажозахоплювального оснащення.

Розрахунок виконується за формулою: $H_k = h_0 + h_z + h_{\text{ел}} + h_c$

де:

h_0 – висота монтажного горизонту;

h_z – запас по висоті;

$h_{\text{ел}}$ – висота монтажного елемента;

$h_{\text{с}}$ – висота стропування.

Висота монтажного горизонту: $h_0=30,74$ м

Запас по висоті для безпечного монтажу: $h_3=0,5$ м

Висота монтажного елемента: $h_{\text{ел}}=1,3$ м

Висота стропування: $h_{\text{с}}=4,23$ м

Тоді необхідна висота підйому гака: $H_{\text{к}}=30,74+0,5+1,3+4,23=36,77$ м

З урахуванням технологічного запасу приймаємо: $H_{\text{к}}=37,8$ м

Визначення необхідного вильоту стріли

Необхідний виліт гака визначається залежно від ширини будівлі, відстані від осі крана до будівлі та необхідної монтажної зони.

Розрахунок виконується за формулою:

$$L_{\Gamma}=a/2+b+c$$

де:

a – ширина будівлі;

b – відстань від крана до будівлі;

c – запас зони монтажу.

Ширина будівлі: $a=6,0$ м

Відстань від осі крана до будівлі: $b=1,2$ м

Необхідний монтажний запас: $c=17,0$ м

Тоді:

$$L_{\Gamma}=6,0/2+1,2+17,0$$

$$L_{\Gamma}=3,0+1,2+17,0=21,2 \text{ м}$$

Отже, мінімально необхідний виліт стріли становить: $L_{\Gamma}=21,2$ м

Вибір типу монтажного крана

На основі виконаних розрахунків для виконання будівельно-монтажних робіт приймається баштовий кран КБ-309.

Основні технічні характеристики крана:

- максимальна вантажопідйомність: $Q=5,0$ т
- максимальний виліт стріли: $L=55,0$ м

- висота підйому гака: $H=45,0$ м
- тип пересування – рейковий;
- тип стріли – поворотна;
- електропривід механізмів.

Порівняння розрахункових параметрів із технічними характеристиками крана показує:

$$Q_{кр}=5,0 \text{ т} > Q_{max}=3,36 \text{ т}$$

$$H_{кр}=45,0 \text{ м} > H_k=37,8 \text{ м}$$

$$L_{кр}=55,0 \text{ м} > L_r=21,2 \text{ м}$$

Отже, технічні параметри баштового крана КБ-309 повністю забезпечують можливість виконання монтажних робіт.

Організація роботи крана на будівельному майданчику

Баштовий кран встановлюється таким чином, щоб забезпечити:

- подачу матеріалів у всі зони будівництва;
- мінімізацію внутрішньомайданчикових переміщень;
- безпечне виконання монтажних робіт;
- раціональне використання монтажного часу.

Підкранові колії влаштовуються на спланованій та ущільненій основі відповідно до вимог виробника крана та норм безпеки.

Під час експлуатації крана передбачаються:

- обмежувачі вантажопідйомності;
- обмежувачі вильоту стріли;
- пристрої контролю висоти підйому;
- заземлення електрообладнання;
- огороження небезпечних зон.

Монтажні роботи виконуються відповідно до проєкту виконання робіт та вимог ДБН А.3.2-2:2016.

Для виконання зварювальних робіт при монтажі конструкцій застосовується зварювальний агрегат типу ТП-500.

Основні характеристики агрегату:

- потужність: $P=27$ кВт
- напруга живлення: $U=380$ В

Для зварювання монтажних стиків використовуються електроди типу Е-42.

У результаті виконаного техніко-економічного аналізу та розрахунків для виконання будівельно-монтажних робіт прийнято баштовий кран КБ-309. Розрахункова вантажопідйомність, висота підйому гака та виліт стріли відповідають технологічним вимогам монтажу конструкцій 12-поверхового житлового будинку.

Прийнятий кран забезпечує безпечне виконання монтажних робіт, необхідну продуктивність будівництва та раціональну організацію будівельного процесу.

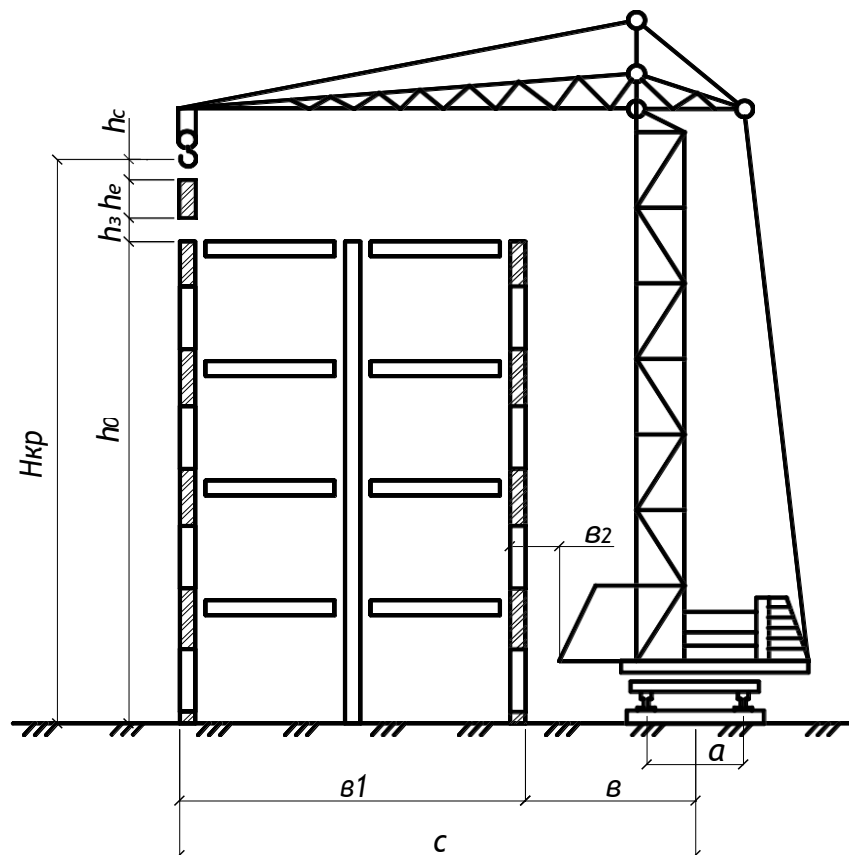


Рисунок 3.3.1 - Кран КБ-309

3.4 Технологічна карта на виконання цегляної кладки та монтаж збірних конструкцій

Технологічна карта розроблена на виконання комплексу робіт із зведення надземної частини 12-поверхового житлового будинку у місті Рівне. Карта охоплює процеси цегляної кладки зовнішніх і внутрішніх стін, монтажу збірних залізобетонних конструкцій, організації робочих місць, контролю якості та забезпечення безпечних умов праці.

Будівля має розміри в осях:

55,20 × 14,00 м.

Висота одного поверху:

H = 3,0 м.

Загальна висота споруди:

H_{буд} = 33,24 м.

Технологічний процес організовується за потоково-захватною схемою із суміщенням монтажних і мулярських робіт у часі.

Для виконання будівельно-монтажних робіт прийнято:

- основний вантажопідіймальний механізм – баштовий кран КБ-309;
- режим роботи – двозмінний;
- метод організації робіт – потоковий;
- кількість робітників комплексної бригади – 36 осіб.

Тривалість виконання робіт визначається за формулою:

$$T = Q / (N \cdot P)$$

де:

Q – обсяг робіт;

N – кількість робітників;

P – середня продуктивність праці.

Загальна тривалість виконання робіт:

T = 54 робочих дні.

Технологічна карта містить:

- схеми організації робочих місць;
- технологічні схеми монтажу;
- графік виконання робіт;
- калькуляцію трудових витрат;
- відомість машин, механізмів та інструментів;
- схеми операційного контролю якості;
- заходи з охорони праці;
- вимоги до техніки безпеки.

Основні технологічні процеси

Підготовчі роботи

До початку кладки та монтажу повинні бути завершені:

- роботи нульового циклу;
- монтаж фундаментних конструкцій;
- вертикальна та горизонтальна гідроізоляція;
- монтаж плит перекриття над підвалом;
- геодезичне винесення осей;
- підготовка монтажного горизонту.

Цегла доставляється автомобільним транспортом у пакетах на піддонах.

Розвантаження та подача на робочі місця здійснюється баштовим краном із використанням спеціальних захватів.

Маса пакета цегли:

$$Q_{\text{ц}} = 1,0 \div 1,5 \text{ т.}$$

Подача розчину

Будівельний розчин централізовано доставляється на об'єкт авторозчиновозами.

На будівельному майданчику розчин перевантажується у металеві інвентарні ящики місткістю: $V = 0,15 \text{ м}^3$.

Середня витрата одного ящика розчину: $t = 40 \text{ хв.}$

При фронті робіт: $L = 3 \div 5 \text{ м.}$

Технологія виконання цегляної кладки

Для зовнішніх стін застосовується керамічна цегла:

- марки М100 – для нижніх поверхів;
- марки М75 – для верхніх поверхів.

Товщина зовнішніх стін:

$$\delta = 510 \text{ мм.}$$

Товщина внутрішніх несучих стін:

$$\delta = 380 \text{ мм.}$$

Товщина перегородок:

$$\delta = 120 \text{ мм.}$$

Кладка виконується на цементно-піщаному розчині марки М75.

Монтаж збірних залізобетонних конструкцій

Технологічною картою передбачено монтаж:

- плит перекриття;
- сходових маршів;
- сходових майданчиків;
- перемичок.

Монтаж виконується баштовим краном КБ-309.

Монтаж плит перекриття виконується на шар цементно-піщаного розчину

товщиною: $h = 20 \div 30 \text{ мм.}$

Небезпечні зони при роботі крана

Монтажна зона: $R_{\text{мон}} = 7,0 \text{ м.}$

Зона обслуговування крана: $R_{\text{мах}} = 55,0 \text{ м.}$

Зона переміщення вантажу: $R = R_{\text{мах}} + 0,5L$

де:

$$L = 5,40 \text{ м.}$$

$$R = 55,0 + 0,5 \cdot 5,40 = 57,70 \text{ м.}$$

Межа можливого падіння конструкцій: $R_{\text{неб}} = R_{\text{мах}} + 0,5L + 10$

$$R_{\text{неб}} = 55,0 + 2,70 + 10 = 67,70 \text{ м.}$$

Контроль якості робіт

Вертикальність кладки перевіряється не рідше двох разів на кожен метр висоти.

Допустиме відхилення від вертикалі: $\Delta = 10$ мм.

Заходи з охорони праці

Під час виконання кладки та монтажу конструкцій передбачаються:

- використання інвентарних риштувань;
- застосування монтажних поясів;
- огороження небезпечних зон;
- використання касок та засобів індивідуального захисту;
- контроль справності стропів і вантажозахоплювальних пристроїв;
- заборона перебування людей під вантажем.

Розроблена технологічна карта визначає раціональну організацію процесів цегляної кладки та монтажу збірних залізобетонних конструкцій при будівництві 12-поверхового житлового будинку.

3.5 Розроблення календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт

Календарний план будівництва є одним із основних документів організаційно-технологічної документації, який визначає послідовність, тривалість та взаємозв'язок виконання будівельно-монтажних процесів у часі.

Визначення трудомісткості робіт

Трудомісткість будівельного процесу визначається за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = V \cdot Н_{\text{вр}}$$

де:

$Q_{\text{тр}}$ – трудомісткість робіт, люд.-дн;

V – обсяг робіт;

$Н_{\text{вр}}$ – норма часу на одиницю продукції.

Наприклад, трудомісткість цегляної кладки визначається:

$$Q_{\text{тр}} = 3200 \cdot 0,92 = 2944 \text{ люд.-год}$$

де:

$$V = 3200 \text{ м}^3$$

$$N_{вр} = 0,92 \text{ люд.-год/м}^3$$

Тривалість виконання робіт визначається за формулою:

$$T = Q_{тр} / (N \cdot t \cdot k)$$

де:

$Q_{тр}$ – трудомісткість робіт;

N – кількість робітників; t – тривалість зміни;

k – коефіцієнт змінності.

Для цегляної кладки:

$$Q_{тр} = 2944 \text{ люд.-год}$$

$$N = 12 \text{ чол.}$$

$$t = 8 \text{ год}$$

$$k = 2$$

$$T = 2944 / (12 \cdot 8 \cdot 2) = 15,3 \text{ діб}$$

Приймаємо:

$$T = 16 \text{ робочих днів}$$

Організація будівельного потоку

Кількість захваток визначається за формулою:

$$n = L / l$$

де:

L – загальна довжина будівлі;

l – довжина однієї захватки.

При:

$$L = 55,2 \text{ м}$$

$$l = 18,4 \text{ м}$$

одержуємо:

$$n = 55,2 / 18,4 = 3$$

Таким чином будівля поділяється на три захватки.

Послідовність виконання робіт

Підготовчий період:

$T_1 = 10$ днів

Земляні роботи:

$T_2 = 12$ днів

Улаштування фундаментів:

$T_3 = 18$ днів

Зведення надземної частини:

$T_4 = 54$ дні

Покрівельні роботи:

$T_5 = 8$ днів

Монтаж інженерних мереж:

$T_6 = 20$ днів

Оздоблювальні роботи:

$T_7 = 30$ днів

Благоустрій території:

$T_8 = 6$ днів

Загальна тривалість будівництва:

$T_{заг} = 158$ робочих днів

При двозмінному режимі роботи та шестиденному робочому тижні

орієнтовна календарна тривалість будівництва:

$T_{кал} = 7$ місяців

Максимальна кількість працівників на об'єкті:

$N_{max} = 42$ чол.

Середня кількість працівників:

$N_{сер} = 28$ чол.

Коефіцієнт нерівномірності руху робочої сили:

$k = N_{max} / N_{сер}$

$k = 42 / 28 = 1,5$

Отримане значення відповідає нормативним вимогам організації будівельного виробництва.

Розроблений календарний план забезпечує раціональну організацію будівництва 12-поверхового житлового будинку, визначає технологічну послідовність виконання будівельно-монтажних робіт та дозволяє ефективно використовувати трудові й матеріально-технічні ресурси.

3.6 Будівельний генеральний план та організація будівельного майданчика

Будівельний генеральний план розробляється з метою раціональної організації будівельного майданчика, забезпечення безпечного виконання робіт, ефективного використання будівельних машин, механізмів та тимчасових споруд.

При розробленні будівельного генерального плану враховуються:

- габарити будівлі;
- технологія виконання робіт;
- розміщення монтажного крана;
- рух транспорту;
- складські зони;
- тимчасові інженерні мережі;
- побутові приміщення.

Розміри будівлі в осях:

$$L = 55,20 \text{ м}$$

$$B = 14,00 \text{ м}$$

Площа забудови:

$$S_{\text{заб}} = L \cdot B$$

$$S_{\text{заб}} = 55,20 \cdot 14,00 = 772,80 \text{ м}^2$$

Будівельний майданчик огорожується тимчасовою огорожею висотою:

$$h = 2,0 \text{ м}$$

Розрахунок площі тимчасових складів

Площа складу визначається за формулою: $F_{\text{скл}} = Q / (q \cdot k)$

де:

Q – запас матеріалу;

q – норма складування;

k – коефіцієнт використання площі.

Для складу цегли:

$$Q = 120 \text{ м}^3$$

$$q = 2,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

$$k = 0,7$$

$$F_{\text{скл}} = 120 / (2,0 \cdot 0,7) = 85,7 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу складу:

$$F_{\text{скл}} = 90 \text{ м}^2$$

Розрахунок площі відкритого складу плит перекриття

$$F_{\text{пл}} = Q / q$$

де:

Q – кількість плит;

q – норма складування.

При:

$$Q = 24 \text{ шт}$$

$$q = 0,8 \text{ шт}/\text{м}^2$$

$$F_{\text{пл}} = 24 / 0,8 = 30 \text{ м}^2$$

Розрахунок тимчасових побутових приміщень

Кількість працюючих на будівництві:

$$N = 42 \text{ чол.}$$

Площа гардеробних:

$$F_{\text{Г}} = N \cdot n$$

де:

$$n = 0,7 \text{ м}^2/\text{чол}$$

$$F_{\text{Г}} = 42 \cdot 0,7 = 29,4 \text{ м}^2$$

Приймаємо:

$$F_{\text{Г}} = 30 \text{ м}^2$$

Площа приміщення для прийому їжі:

$$F_{\text{харч}} = N \cdot 0,25$$

$$F_{\text{харч}} = 42 \cdot 0,25 = 10,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо:

$$F_{\text{харч}} = 12 \text{ м}^2$$

Розрахунок потреби у воді

Загальна витрата води визначається:

$$Q_{\text{вод}} = Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{пож}}$$

Виробнича витрата:

$$Q_{\text{вир}} = 2,5 \text{ л/с}$$

Господарська витрата:

$$Q_{\text{госп}} = 0,3 \text{ л/с}$$

Протипожежна витрата:

$$Q_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{вод}} = 2,5 + 0,3 + 10 = 12,8 \text{ л/с}$$

Розрахунок потреби в електроенергії

Потужність електроспоживачів:

$$P_1 = 45 \text{ кВт} - \text{баштовий кран}$$

$$P_2 = 27 \text{ кВт} - \text{зварювальний агрегат}$$

$$P_3 = 18 \text{ кВт} - \text{освітлення}$$

$$P_4 = 12 \text{ кВт} - \text{електроінструмент}$$

Загальна потужність:

$$P_{\text{заг}} = 45 + 27 + 18 + 12 = 102 \text{ кВт}$$

Розрахункова потужність:

$$P_p = k \cdot P_{\text{заг}}$$

де:

$$k = 0,75$$

$$P_p = 0,75 \cdot 102 = 76,5 \text{ кВт}$$

Тимчасові дороги

Ширина основних тимчасових доріг приймається: $b = 6,0 \text{ м}$

Ширина внутрішньомайданчикових проїздів:

$$b_1 = 3,5 \text{ м}$$

Радіус повороту автотранспорту:

$$R = 12 \text{ м}$$

Небезпечні зони при роботі крана

$$\text{Монтажна зона: } R_{\text{мон}} = 7 \text{ м}$$

$$\text{Зона обслуговування крана: } R_{\text{мах}} = 55 \text{ м}$$

$$\text{Небезпечна зона визначається: } R_{\text{неб}} = R_{\text{мах}} + 0,5L + 10$$

де:

$$L = 5,4 \text{ м}$$

$$R_{\text{неб}} = 55 + 0,5 \cdot 5,4 + 10 = 67,7 \text{ м}$$

На будівельному майданчику передбачено:

- майданчики складування;
- побутові приміщення;
- пожежні щити;
- пункти підключення електроенергії;
- місця для збору відходів;
- тимчасове освітлення;
- пости охорони.

Будівельний генеральний план забезпечує безпечне та раціональне виконання будівельно-монтажних робіт, ефективну роботу будівельної техніки та дотримання нормативних вимог охорони праці.

1. Загальна площа забудови будівельного майданчику:

$$S_1 = A_1 \cdot B_1 = 87,5 \cdot 69,7 = 6098,75 \text{ м}^2$$

2. Площа об'єкту, що будується:

$$S_2 = A_2 \cdot B_2 = 55,2 \cdot 14 = 772,8 \text{ м}^2$$

3. Площа тимчасових приміщень:

$$S_3 = F_{\text{пр}} = 275,00 \text{ м}^2$$

РОЗДІЛ IV

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативно-правові та організаційні основи забезпечення безпечних умов праці під час зведення об'єкта

Під час виконання будівельно-монтажних робіт особливого значення набуває забезпечення належного рівня охорони праці, оскільки будівельна галузь належить до сфер із підвищеним рівнем виробничого ризику. Роботи, пов'язані з монтажем конструкцій, виконанням земляних процесів, використанням вантажопідіймальних механізмів, електроінструменту та будівельної техніки, супроводжуються значною ймовірністю виникнення травмонебезпечних ситуацій. У зв'язку з цим при проектуванні та організації будівництва необхідно передбачати комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя та здоров'я працівників.

Правове регулювання охорони праці в Україні здійснюється на основі системи законодавчих і нормативно-правових актів, які визначають права та обов'язки роботодавців і працівників у сфері безпеки праці. Основним нормативним документом є Закон України «Про охорону праці», який встановлює єдині вимоги щодо організації безпечних умов праці, проведення інструктажів, навчання персоналу, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та контролю за дотриманням вимог безпеки.

Крім зазначеного закону, організація охорони праці на будівельному майданчику регламентується Кодексом законів про працю України, Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», а також вимогами державних будівельних норм, стандартів і правил. Важливе значення мають ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках», ДСТУ та інші нормативні документи, що встановлюють порядок безпечного виконання окремих видів робіт.

Об'єктом проєктування є житлова будівля, зведення якої передбачає виконання комплексу будівельно-монтажних робіт із застосуванням механізованих процесів, монтажу конструкцій, виконання бетонних і кладочних робіт, а також експлуатації тимчасових електромереж і будівельної техніки. Особливістю функціонування такого будівельного майданчика є одночасне виконання різних технологічних процесів у межах обмеженої території, що потребує чіткої координації дій працівників та постійного контролю за дотриманням вимог безпеки.

Основними завданнями у сфері охорони праці під час реалізації проєкту є:

- створення безпечних і нешкідливих умов праці для працівників;
- запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням;
- забезпечення належного технічного стану будівельних машин і механізмів;
- організація систематичного контролю за станом охорони праці;
- зниження впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- забезпечення пожежної та електробезпеки на будівельному майданчику;
- попередження аварійних ситуацій і надзвичайних подій.

Важливим напрямом забезпечення безпеки є організація навчання та перевірки знань працівників з питань охорони праці. До початку виконання робіт усі працівники повинні проходити вступний, первинний та повторний інструктажі, а також медичні огляди відповідно до чинних нормативних вимог. Працівники, які виконують роботи підвищеної небезпеки, допускаються до роботи лише за наявності відповідної професійної підготовки та посвідчень.

Для зменшення рівня виробничого травматизму на будівельному майданчику необхідно передбачити використання справних засобів індивідуального захисту: захисних касок, рукавиць, спецодягу, страхувальних поясів, захисного взуття та сигнальних жилетів. Особлива

увага повинна приділятися роботам на висоті, експлуатації вантажопідіймальних механізмів і виконанню електромонтажних робіт.

Соціально-економічне значення охорони праці полягає не лише у збереженні життя та здоров'я працівників, а й у підвищенні продуктивності праці, зменшенні витрат, пов'язаних із ліквідацією наслідків аварій та нещасних випадків, скороченні простоїв техніки й забезпеченні стабільності виробничого процесу. Рациональна організація системи охорони праці дозволяє підвищити ефективність будівництва, покращити якість виконання робіт та забезпечити дотримання сучасних вимог безпеки під час зведення об'єкта.

4.2 Аналіз виробничих ризиків та небезпечних факторів під час виконання будівельно-монтажних робіт

Під час зведення житлової будівлі на будівельному майданчику виникає значна кількість небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть негативно впливати на стан здоров'я працівників, рівень безпеки праці та ефективність виконання будівельних процесів. Аналіз умов праці виконується з урахуванням технологічних особливостей будівництва, застосування будівельної техніки, виконання робіт на висоті та одночасного перебування на майданчику працівників різних спеціальностей.

До основних фізичних небезпечних факторів належать підвищений рівень шуму, вібрації, запиленості повітря робочої зони, небезпека ураження електричним струмом, падіння працівників з висоти, а також травмування внаслідок роботи будівельних машин і механізмів. Найбільший рівень шуму виникає під час роботи бетонозмішувального обладнання, компресорів, вантажопідіймальних механізмів, відбійних молотків та електроінструменту. На окремих робочих місцях рівень шуму може перевищувати допустиме нормативне значення 80 дБ, що призводить до підвищеної втомлюваності працівників та зниження концентрації уваги.

Підвищена вібрація спостерігається під час експлуатації ручного механізованого інструменту, ущільнювачів бетонної суміші та дорожньо-

будівельної техніки. Тривалий вплив вібрації негативно впливає на нервову систему та опорно-руховий апарат працівників. Запиленість повітря виникає при виконанні земляних робіт, різанні будівельних матеріалів, приготуванні розчинів та проведенні демонтажних операцій. Особливо небезпечним є утворення цементного пилу, який подразнює органи дихання та слизові оболонки.

Одним із найбільш небезпечних факторів на будівельному майданчику є виконання робіт на висоті. Монтаж плит перекриття, встановлення опалубки, мурування зовнішніх стін та виконання покрівельних робіт супроводжуються ризиком падіння працівників або інструменту з висоти. Основними причинами виникнення небезпеки є відсутність або неналежний стан захисних огорожень, порушення правил використання страхувальних засобів та недостатній контроль за організацією робочих місць.

Небезпека ураження електричним струмом виникає при експлуатації тимчасових електромереж, електрифікованого інструменту та переносного освітлення. Причинами можуть бути пошкодження ізоляції кабелів, відсутність заземлення обладнання, підвищена вологість або порушення правил технічної експлуатації електроустановок.

До хімічних небезпечних факторів належить вплив лакофарбових матеріалів, розчинників, мастильних речовин та компонентів бетонних сумішей. Контакт із такими речовинами може спричинити подразнення шкіри, алергічні реакції та захворювання органів дихання. Найчастіше ці фактори присутні під час оздоблювальних і гідроізоляційних робіт.

Біологічні фактори на будівельному майданчику мають менш виражений характер, проте можуть проявлятися під час роботи у вологих умовах, накопичення будівельних відходів або порушення санітарного стану побутових приміщень. Це створює умови для розвитку мікроорганізмів і погіршення санітарно-гігієнічних умов праці.

До психофізіологічних факторів належать значні фізичні навантаження, нервово-емоційне напруження, монотонність окремих операцій, робота у

стиснених часових умовах та несприятливі погодні умови. Особливо це характерно для монтажників, мулярів, бетонярів і машиністів будівельної техніки. Високий рівень втоми може стати причиною помилкових дій працівників та виникнення аварійних ситуацій.

Аналіз умов праці показує, що частина небезпечних та шкідливих виробничих факторів на будівельному майданчику перевищує нормативно допустимі значення або має потенційний ризик виникнення небезпечних ситуацій. Це свідчить про необхідність впровадження комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження виробничого ризику, покращення санітарно-гігієнічних умов праці, забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту, а також удосконалення системи контролю за дотриманням вимог охорони праці.

Вплив більшості визначених небезпечних факторів може бути суттєво зменшений шляхом раціональної організації будівельного процесу, застосування сучасних засобів захисту, механізації трудомістких процесів та проведення систематичного інструктажу працівників. У наступних підрозділах будуть розроблені організаційні та технічні рішення щодо підвищення безпеки праці та запобігання виникненню нещасних випадків на об'єкті проєктування.

4.3 Оцінювання виробничих ризиків та аналіз імовірності виникнення небезпечних ситуацій на будівельному майданчику

Під час виконання будівельно-монтажних робіт на об'єкті проєктування існує ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, що можуть призвести до травмування працівників, пошкодження обладнання, аварій або порушення технологічного процесу. Для визначення рівня безпеки та розроблення ефективних заходів захисту виконується оцінювання професійних ризиків із використанням матричного методу аналізу ризиків.

Методика оцінювання передбачає визначення категорії серйозності наслідків небезпечної події та рівня ймовірності її виникнення. Після цього встановлюється індекс ризику, який дозволяє оцінити ступінь безпеки

виробничого фактору та необхідність впровадження додаткових організаційно-технічних заходів.

Таблиця 4.3.1 – Категорії серйозності небезпеки

Вид	Категорія	Опис нещасного випадку
Катастрофічна	I	Смерть або зруйнування системи
Критична	II	Серйозна травма, стійке захворювання, суттєве пошкодження в системі
Гранична	III	Незначна травма, короткочасне захворювання, пошкодження в системі
Незначна	IV	Менш значні, ніж у III категорії, травми, захворювання, пошкодження в системі

Для визначення ризику також необхідно встановити ймовірність виникнення небезпечної події.

Таблиця 4.3.2 – Рівні ймовірності небезпеки

Вид	Рівень	Опис наслідків
Часта	A	Велика ймовірність того, що подія відбудеться
Можлива	B	Може трапитися декілька разів за життєвий цикл
Випадкова	C	Іноді може відбутися за життєвий цикл
Віддалена	D	Малоймовірна, але можлива подія протягом життєвого циклу
Неймовірна	E	Настільки малоймовірно, що можна припустити, що така небезпека ніколи не відбудеться

На основі встановлених категорій і рівнів формується матриця оцінювання ризиків.

Таблиця 4.3.3 – Матриця оцінки ризику

Частота виникнення події	I Катастрофічна	II Критична	III Гранична	IV Незначна
(A) Часто	1A	2A	3A	4A
(B) Вірогідно	1B	2B	3B	4B
(C) Час від часу	1C	2C	3C	4C
(D) Віддалено	1D	2D	3D	4D
(E) Неймовірно	1E	2E	3E	4E

Класифікація ризиків наведена в таблиці 4.3.4.

Таблиця 4.3.4 – Класифікація ризику небезпеки

Класифікація ризику	Критерії ризику
Неприпустимий (надмірний)	1А, 1В, 1С, 2А, 2В, 3А
Небажаний (гранично допустимий)	1D, 2С, 2D, 3В, 3С
Припустимий з перевіркою (прийнятний)	1Е, 2Е, 3D, 3Е, 4А, 4В
Припустимий без перевірки (знехтуваний)	4С, 4D, 4Е

На будівельному майданчику найбільш небезпечними є роботи на висоті, експлуатація вантажопідіймальної техніки, використання електрообладнання та робота з механізованим інструментом. Для визначення рівня ризику проведемо оцінювання найбільш характерних небезпечних факторів.

Таблиця 4.3.5 – Оцінювання ризику ураження електричним струмом

Показник	Характеристика
Вид і категорія небезпеки	II – критична
Опис наслідків	Серйозна травма або стійке ушкодження організму
Рівень ймовірності	D – віддалена
Опис ймовірності	Подія малої ймовірності, але можлива
Індекс ризику	2D
Рівень ризику	Небажаний (гранично допустимий)

Небезпека ураження електричним струмом виникає під час використання переносного електроінструменту, тимчасових електромереж та електрообладнання в умовах підвищеної вологості. Основними причинами є пошкодження ізоляції кабелів, відсутність заземлення та порушення правил експлуатації електроустановок.

Таблиця 4.3.6 – Оцінювання ризику падіння працівника з висоти

Показник	Характеристика
Вид і категорія небезпеки	I – катастрофічна
Опис наслідків	Смертельне травмування або тяжкі ушкодження
Рівень ймовірності	C – випадкова
Опис ймовірності	Подія може іноді виникати
Індекс ризику	1С
Рівень ризику	Неприпустимий (надмірний)

Під час монтажу конструкцій, виконання покрівельних та опалубних робіт існує значний ризик падіння працівників через відсутність огорожень, несправність засобів страхування або порушення технології виконання робіт.

Таблиця 4.3.7 – Оцінювання ризику травмування рухомими елементами будівельної техніки

Показник	Характеристика
Вид і категорія небезпеки	II – критична
Опис наслідків	Тяжкі травми та пошкодження обладнання
Рівень ймовірності	C – випадкова
Опис ймовірності	Подія може виникати періодично
Індекс ризику	2C
Рівень ризику	Небажаний (гранично допустимий)

Небезпека виникає під час роботи кранів, екскаваторів, автобетонозмішувачів та іншої техніки в умовах обмеженого простору будівельного майданчика.

Таблиця 4.3.8 – Оцінювання ризику впливу шуму та вібрації

Показник	Характеристика
Вид і категорія небезпеки	III – гранична
Опис наслідків	Короткочасне захворювання, перевтома
Рівень ймовірності	B – можлива
Опис ймовірності	Може виникати декілька разів
Індекс ризику	3B
Рівень ризику	Небажаний (гранично допустимий)

Джерелами шуму та вібрації є компресори, бетонозмішувальне обладнання, електроінструмент та транспортні засоби.

Проведене оцінювання показало, що найбільш небезпечними для працівників є ризики падіння з висоти, ураження електричним струмом та травмування будівельною технікою. Частина визначених ризиків належить до неприпустимого або гранично допустимого рівня, що свідчить про необхідність розроблення комплексу організаційних і технічних заходів безпеки.

Для зниження рівня професійного ризику необхідно забезпечити справний технічний стан обладнання, використання засобів індивідуального захисту, встановлення захисних огорожень, проведення інструктажів та постійний контроль за дотриманням вимог охорони праці. У наступному підрозділі будуть розглянуті організаційно-технічні заходи щодо мінімізації визначених небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

4.4 Комплекс організаційних і технічних рішень щодо підвищення безпеки та покращення умов праці на будівельному майданчику

Проведений аналіз умов праці та оцінювання професійних ризиків показали, що під час виконання будівельно-монтажних робіт на об'єкті проектування існує значна кількість небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Для забезпечення безпечних умов праці необхідно передбачити комплекс організаційних, технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничого травматизму, попередження аварійних ситуацій та створення безпечного виробничого середовища.

Одним із основних напрямів забезпечення безпеки праці є впровадження організаційних заходів. До початку виконання робіт усі працівники повинні проходити вступний та первинний інструктажі з охорони праці відповідно до вимог чинного законодавства. Повторний інструктаж необхідно проводити не рідше одного разу на три місяці для працівників, зайнятих на роботах підвищеної небезпеки. Працівники, які виконують монтажні, електротехнічні та висотні роботи, повинні проходити спеціальне навчання та перевірку знань із подальшим оформленням відповідних посвідчень.

Для кожного виду робіт на будівельному майданчику повинні бути розроблені інструкції з охорони праці, які містять вимоги безпеки перед початком роботи, під час виконання технологічного процесу та після завершення робіт. Працівники повинні бути забезпечені необхідною нормативною документацією, схемами евакуації та планами ліквідації аварійних ситуацій.

На території будівельного майданчика необхідно застосовувати попереджувальні знаки безпеки, сигнальні кольори та інформаційні плакати. Особливо небезпечні зони, пов'язані з роботою вантажопідіймальних механізмів, електроустановок та виконанням висотних робіт, повинні бути огорожені та позначені відповідними попереджувальними написами.

Важливим організаційним заходом є встановлення раціонального режиму праці та відпочинку працівників. Для зниження рівня втоми та нервово-емоційного навантаження необхідно передбачити регламентовані перерви, чергування видів робіт та недопущення понаднормового навантаження. У літній період року необхідно організовувати місця для відпочинку працівників, забезпечені питною водою та засобами захисту від перегрівання.

Організація робочих місць повинна відповідати ергономічним вимогам. Робочі зони необхідно утримувати в належному санітарному стані, забезпечувати достатню ширину проходів, вільний доступ до обладнання та безпечне розміщення будівельних матеріалів. Захаращення проходів, складування матеріалів у небезпечних зонах та порушення правил організації робочого простору не допускаються.

Значна увага повинна приділятися заходам щодо нормалізації мікроклімату робочої зони. У холодний період року необхідно забезпечити працівників утепленням спецодягом, а також організувати побутові приміщення для обігріву та відпочинку. У теплий період необхідно здійснювати заходи щодо захисту працівників від перегрівання, зокрема обмеження тривалості роботи під прямими сонячними променями та забезпечення достатньої вентиляції тимчасових приміщень.

Для зниження рівня запиленості повітря необхідно застосовувати зволоження поверхонь під час виконання земляних і демонтажних робіт, використовувати пиловловлювальні пристрої та забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту органів дихання. Під час роботи з цементом, сухими будівельними сумішами та сипучими матеріалами необхідно використовувати респіратори та захисні окуляри.

Одним із найважливіших технічних заходів є зниження рівня шуму та вібрації. Для цього необхідно використовувати справне обладнання, своєчасно проводити технічне обслуговування механізмів та застосовувати сучасний малOSHумний інструмент. Працівники, які працюють у зоні підвищеного шуму, повинні бути забезпечені навушниками або протишумовими вкладишами. Тривалість роботи з вібраційним інструментом необхідно обмежувати відповідно до санітарних норм.

Особлива увага приділяється забезпеченню нормативного рівня освітленості робочих місць. Природне та штучне освітлення повинно відповідати вимогам чинних нормативних документів. У темний час доби будівельний майданчик необхідно обладнати системою тимчасового освітлення. Освітлювальні прилади повинні бути захищені від механічних пошкоджень та атмосферного впливу. Недостатня освітленість робочої зони може призвести до травмування працівників та погіршення якості виконання робіт.

Для забезпечення електробезпеки всі тимчасові електромережі повинні виконуватися відповідно до вимог ПУЕ та ДБН. Електрообладнання необхідно заземлювати, а кабелі розміщувати таким чином, щоб виключити можливість їх механічного пошкодження. Підключення електрообладнання повинно здійснюватися лише кваліфікованим персоналом. Для живлення переносного електроінструменту необхідно використовувати захисні пристрої автоматичного вимкнення.

З метою запобігання падінню працівників із висоти необхідно встановлювати захисні огороження, інвентарні риштування та страхувальні системи. Роботи на висоті дозволяється виконувати лише при використанні запобіжних поясів та за наявності відповідного допуску. Монтажні горизонти повинні бути обладнані тимчасовими настилами та захисними козирками.

Для забезпечення безпеки під час експлуатації вантажопідіймальної техніки необхідно організувати небезпечні зони роботи кранів, обмежити доступ сторонніх осіб та забезпечити постійний контроль за технічним

станом машин і механізмів. Стропування вантажів повинно виконуватися лише спеціально навченими працівниками із застосуванням справних вантажозахоплювальних пристроїв.

Архітектурно-планувальні заходи передбачають раціональне розміщення тимчасових будівель, складів, проїздів та зон складування матеріалів. Рух транспорту на будівельному майданчику необхідно організувати за односторонньою схемою для зменшення ризику зіткнення техніки. Ширина проїздів та проходів повинна відповідати нормативним вимогам і забезпечувати безпечне пересування працівників та машин.

Важливим напрямом є забезпечення пожежної безпеки. Будівельний майданчик повинен бути оснащений первинними засобами пожежогасіння, пожежними щитами, резервуарами з водою та схемами евакуації. Паління дозволяється лише у спеціально відведених місцях. Зберігання легкозаймистих матеріалів повинно здійснюватися відповідно до встановлених норм.

Для підвищення ефективності запропонованих заходів необхідно впровадити систему постійного контролю за станом охорони праці. Контроль повинен здійснюватися відповідальними особами шляхом регулярних перевірок технічного стану обладнання, умов праці, забезпечення працівників засобами захисту та дотримання вимог нормативних документів.

Запропонований комплекс організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів дозволить суттєво знизити рівень професійного ризику, покращити санітарно-гігієнічні умови праці, підвищити безпеку будівельного виробництва та мінімізувати ймовірність виникнення нещасних випадків на об'єкті проектування.

4.5 Узагальнення результатів та оцінка ефективності заходів з охорони праці

У розділі «Охорона праці» було проведено комплексний аналіз умов праці на об'єкті проектування та визначено основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час виконання будівельно-

монтажних робіт. Основною метою розділу було обґрунтування організаційних і технічних рішень, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, зниження рівня виробничого травматизму, попередження аварійних ситуацій та підвищення рівня безпеки будівельного виробництва.

У ході виконання розділу було проаналізовано законодавчі та нормативно-правові основи охорони праці у будівництві, визначено основні вимоги щодо забезпечення безпеки працівників на будівельному майданчику та встановлено необхідність комплексного підходу до організації системи охорони праці на об'єкті.

Під час аналізу умов праці були встановлені основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, серед яких найбільш суттєвими є виконання робіт на висоті, небезпека ураження електричним струмом, вплив шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, експлуатація вантажопідіймальних механізмів і рухомої будівельної техніки. Визначено причини виникнення потенційних небезпек та виконано оцінювання професійних ризиків із використанням матричного методу аналізу ризиків.

У результаті проведеного дослідження встановлено, що окремі виробничі ризики належать до гранично допустимого та неприпустимого рівня, що потребує впровадження додаткових організаційно-технічних заходів безпеки. Найбільш небезпечними визнано ризики падіння працівників з висоти, травмування будівельною технікою та ураження електричним струмом.

Для зниження рівня професійного ризику в роботі запропоновано комплекс заходів з охорони праці, який включає:

- проведення навчання та систематичних інструктажів працівників;
- забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту;
- використання знаків безпеки та огороження небезпечних зон;
- удосконалення організації робочих місць;
- нормалізацію мікроклімату робочої зони;
- зниження рівня шуму, вібрації та запиленості;
- забезпечення нормативного освітлення будівельного майданчика;

- підвищення рівня електробезпеки;
- впровадження заходів захисту під час виконання робіт на висоті;
- забезпечення пожежної безпеки та безпечної експлуатації будівельної техніки.

Запропоновані організаційні, технічні та архітектурно-планувальні рішення дозволяють суттєво знизити вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів, покращити умови праці працівників та забезпечити відповідність будівельного процесу вимогам чинних нормативних документів з охорони праці.

Реалізація розроблених заходів сприятиме підвищенню рівня виробничої безпеки, зменшенню ймовірності виникнення нещасних випадків, покращенню санітарно-гігієнічних умов праці та підвищенню ефективності організації будівельного виробництва загалом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с. https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/A315_Organizatsiyabudivelnogo-virobnitstva.pdf
2. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП45.2-7.02-12) http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25399
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2016–10–31]. К. : Мінрегіон України, 2016. 39 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=68456
4. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна №1 К. : Мінбуд України, 2006. 75 с. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21670106
5. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019–01–19]. Зі Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 51 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59627
6. ДБН В.2.6:220-2017. Покриття будівель і споруд. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 46 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=72201
7. ДБН А.1.1-1:2009. Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 16 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112664
8. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 26 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=71184
9. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2019. 50 с. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=84353

10. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Із Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України. 2022. 103 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=26738
11. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112670
12. ДСТУ-Н Б В 2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. [Чинний від 2014–01–01]. Київ, 2013. 98 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=54094
13. ДСТУ–Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажу будівельних конструкцій. [Чинний від 2016–04–01]. К. : Мінрегіон України, 2015. 62 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=63372
14. ДСТУ 9243.4:2023. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 59 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=103963
15. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64463
16. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=60541
17. Інноваційні технології каркасного будівництва : навч. посібник / Г.М. Тонкачєєв, О.С. Молодід, В.Г. Тонкачєєв, О.Г. Шандра : Під ред. проф. Г.М. Тонкачєєва. К.: Видавництво Ліра-К. 2024. 316 с.

18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>
19. Теліченко О.І., Нагорний М.В. Зведення і монтаж будівель та споруд : навч. пос. Суми : Видавництво СНАУ, 2020. 197 с.
20. Технологія монтажу будівельних конструкцій : навч. пос. / В. К. Черненко, О. Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєєв та ін.; За ред. В. К. Черненка. Вид. 1-ше і 2-ге. видання К.: Горобець, 2011. 372 с.: іл
21. М. Н. Джалалов, С. М. Братішко Оптимізація організаційних параметрів будівельного виробництва / Харків: Друкарня «Мадрид», 2026. – 152 с. ISBN 978-617-8254-43-8