

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

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

Кафедра матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**ЗВЕДЕННЯ 3-ПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ
У МІСТІ КИЄВІ**

Розробив: студент IV курсу, групи БтаЦІ 2022-1
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»

ОПП «Промислове та цивільне будівництво»

Сумцов Андрій Артемович

Керівник: д.т.н., проф. Кондратьєв А.В.

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

2026 рік

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри
матеріалознавства та інженерії
композитних конструкцій
д.т.н., проф. Кондратьєв А.В.



(підпис)

«19» червня 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Сумцову Андрію Артемовичу

Спеціальність: 192 - *Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення 3-поверхового житлового будинку у місті Києві, затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від 26 травня 2026 р.*

Термін подання завершеної роботи на кафедру «22» червня 2026 р.

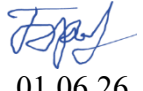
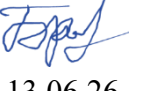
Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об'єкту.*

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: *фасади, плани поверхів, розрізи, генеральний план ділянки;*
- розрахунково-конструктивна частина: *підземна частина, надземна частина;*
- технологічні рішення та організація будівництва: *технологічна карта.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина		Вяткін К.І., к.т.н., доцент	 01.06.26	 10.06.26
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкта	Гаврилюк О.В., ст. викл.	 01.06.26	 11.06.26
	Розрахунок надземної частини об'єкта	Набока А.В., к.т.н., доцент	 01.06.26	 13.06.26
3. Технологічні рішення та організація будівництва		Братішко С.М., к.т.н., доцентка	 01.06.26	 13.06.26
4. Охорона праці		Косенко Н.О., к.т.н., доцентка	 01.06.26	 13.06.26
Нормоконтроль		Шаповал С.В., к.т.н., доцентка	 01.06.26	 19.06.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

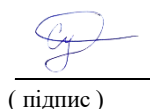
Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	01.06.26-15.06.26	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	01.06.26-15.06.26	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	01.06.26-15.06.26	виконано
4. Охорона праці	01.06.26-15.06.26	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

д.т.н., проф. Кондратьєв А.В.
(вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

Сумцов А.А.
(прізвище та ініціали)

Дата видачі завдання «01» червня 2026 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	12
1.1 Вихідні дані.....	12
1.2 Архітектурно-планувальні рішення.....	13
1.2.1 Генеральний план	13
1.3 Архітектурно-будівельні рішення.....	15
1.3.1 Об'ємно-планувальні рішення	15
1.3.2 Архітектурно-конструктивні рішення	15
1.4 Інженерне обладнання.....	17
1.4.1 Пожежна сигналізація та пожежогасіння	17
1.4.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	19
1.5 Характеристика вікон і дверей.....	21
2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	21
2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту.....	21
2.1.1 Аналіз інженерно-геологічних умов та властивостей ґрунтів будівельного майданчика	21
2.1.2 Міцнісні та деформаційні характеристики ґрунтів основи	22
2.1.3 Розрахунок стрічкового фундаменту	25
2.1.4 Визначення необхідної ширини підосви стрічкового фундаменту	27
2.1.5 Визначення осідання стрічкового фундаменту	30
2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту	32
2.2.1 Розрахунок багатопустотної плити перекриття.....	32
3. Технологічні рішення та організація будівництва	40
3.1 Стисла характеристика будівництва та умови будівництва.....	40
3.2 Способи виконання необхідних будівельно-монтажних робіт	41
3.2.1 Виконання земляних робіт	41
3.2.2 Виконання монтажних робіт	42
3.2.3 Виконання монолітних робіт.....	43
3.2.4 Виконання покрівельних робіт	44

3.2.5 Виконання оздоблювальних робіт	45
3.3 Вибір монтажного крана	46
3.4 Технологічна карта на влаштування фундаментів	47
3.4.1 Технологія виконання робіт	47
3.4.2 Вимоги до якості та приймання робіт	49
3.4.3 Техніка безпеки	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні	53
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проектування	54
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування	56
4.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування	58
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	60

ВСТУП

Динамічний розвиток сектору житлового будівництва на сучасному етапі виступає не лише фундаментальним індикатором загального соціально-економічного поступу країни, а й ключовим архітектурно-просторовим елементом стратегічної організації та реструктуризації урбанізованих територій. Планомірне створення, модернізація та розширення якісного, архітектурно виразного житлового фонду безпосередньо впливає на фундаментальні аспекти життєдіяльності людського суспільства [1]. Воно визначає базовий рівень матеріального та психологічного комфорту громадян, задовольняє їхні естетичні потреби, мінімізує соціальну напругу та стимулює гармонійний розвиток територіальних громад [2].

На сучасному етапі розвитку теорії та практики містобудування перед інженерно-технічними працівниками, архітекторами та проєктантами постає багатовекторне й надзвичайно складне завдання. Воно полягає в необхідності забезпечення широких верств населення житловими площами нового покоління. Такі об'єкти мають одночасно поєднувати в собі фінансову доступність для кінцевого споживача, високу архітектурно-художню привабливість, безумовну конструктивну безпеку під час тривалої експлуатації, а також відповідність суворим критеріям екологічності та енергоефективності [3].

Практична реалізація цього комплексу вимог стає можливою лише за умови системного впровадження новітніх високоміцних та довговічних конструктивних матеріалів, глибокої оптимізації і цифровізації технологічних процесів безпосередньо на будівельному майданчику, а також застосування методів раціонального об'ємно-планувального і функціонального моделювання об'єктів будівництва [4, 5].

Важливою умовою забезпечення експлуатаційної надійності малоповерхових багатоквартирних будівель є раціональний вибір

конструктивної системи та відповідних будівельних матеріалів. На відміну від висотного будівництва, де домінують каркасно-монолітні схеми з високою матеріаломісткістю, для триповерхових об'єктів оптимальною є стінова або комбінована конструктивна система з несучими поздовжніми та поперечними стінами. Особливої актуальності сьогодні набуває застосування монолітного залізобетону в поєднанні з дрібноштучними ефективними стіновими матеріалами (керамічними блоками, газобетоном).

Використання сучасних важких бетонів класу C25/30 (що за чинними європейськими стандартами замінив застаріле маркування B30) для зведення монолітного фундаменту, перекриттів та вертикальних елементів забезпечує необхідний запас міцності за оптимальних геометричних параметрів перерізів конструкцій. Це дозволяє суттєво зменшити відсоток армування та сумарний об'єм бетонних робіт, що безпосередньо знижує кошторисну вартість об'єкта. Крім того, перекриття з монолітного залізобетону виконують роль жорстких горизонтальних дисків, які зв'язують несучі стіни в єдину просторову систему, гарантуючи стійкість будівлі до нерівномірних деформацій основи, температурних коливань та випадкових динамічних навантажень [6].

Зони стиків, температурно-усадочних швів та вузли примикання огорожувальних конструкцій до залізобетонного каркаса потребують детального теплотехнічного розрахунку [2]. Завдяки низькій поверховості мінімізується вплив вітрового напору на фасадні системи, що відкриває широкі можливості для використання сучасних систем скріпленої теплоізоляції (так званих «мокрих фасадів») із застосуванням мінераловатних плит підвищеної щільності. Це не лише забезпечує виконання вимог чинних нормативних документів щодо термічного опору огорожувальних конструкцій будівель, а й дозволяє повністю ліквідувати «містки холоду», запобігаючи конденсації вологи всередині житлових приміщень та продовжуючи безремонтний термін служби фасадних поверхонь.

Окрему увагу в структурі проектування триповерхових житлових

будинків приділено об'ємно-планувальній структурі та оптимізації внутрішнього простору. Сучасні архітектурні рішення передбачають використання гнучкого планування квартир, де внутрішні перегородки виконуються з легких матеріалів (гіпсокартонних систем, пористих блоків), що дозволяє кінцевому власнику трансформувати житловий простір під індивідуальні потреби без порушення несучої здатності будівлі. Компонування секцій будівлі розробляється з урахуванням забезпечення максимального коефіцієнту корисного використання площі, мінімізуючи площі позаквартирних коридорів та тамбурів.

У межах реалізації принципів безбар'єрного середовища та інклюзивності, незважаючи на відсутність нормативної вимоги щодо обов'язкового влаштування ліфтів у триповерхових будинках, особливий акцент робиться на доступності першого поверху. Входи до під'їздів проєктуються на рівні тротуару без улаштування високих ганків та пандусів, а ширина дверних прорізів, коридорів та габарити санвузлів на першому рівні адаптуються для комфортного пересування маломобільних груп населення. Такий інтегрований підхід суттєво підвищує соціальну цінність та універсальність житлового об'єкта.

У складних умовах дефіциту та високої вартості земельних ресурсів у межах сформованих великих мегаполісів, зокрема в місті Київ, а також у межах їхніх інтенсивно-розвинених приміських зон, особливої теоретичної та практичної ваги набуває концепція зведення житла малої та середньої поверховості. Триповерхові багатоквартирні житлові будинки у сучасній практиці проєктування розглядаються як найбільш збалансована та раціональна альтернатива двом протилежним містобудівним тенденціям: з одного боку – надмірно щільній, капіталомісткій висотній забудові, яка перевантажує міські комунікації, а з іншого – хаотичному, дорогому односімейному котеджному будівництву, що призводить до неефективного розростання міських меж.

Застосування малоповерхових багатоквартирних рішень дозволяє досягти

оптимального компромісу між високими показниками економічної ефективності використання виділеної земельної ділянки та збереженням гуманного, комфортного масштабу міського середовища, орієнтованого безпосередньо на потреби людини. Об'єкти малоповерхової забудови створюють мінімальний аеродинамічний опір, що гарантує значно кращі показники природної аерації та провітрювання міжбудинкових просторів і житлових кварталів загалом.

Крім того, такий підхід забезпечує стовідсоткове дотримання суворих санітарно-гігієнічних норм щодо інсоляції житлових кімнат і природного освітлення приміщень, що перешкоджає виникненню сирості та покращує мікроклімат. У соціологічному аспекті низька поверховість формує затишне, безпечне і психологічно сприятливе середовище, яке стимулює розвиток добросусідства та ефективну взаємодію всередині локальних громад.

З глибокої інженерно-економічної та конструкторської точок зору, процеси проєктування, розрахунку та безпосереднього спорудження триповерхових житлових будівель характеризуються великим комплексом суттєвих переваг порівняно з висотними аналогами. Такі об'єкти за будівельними нормами не потребують обов'язкового влаштування складних, високовартісних та енергоємних вертикальних інженерних комунікацій. Зокрема, повністю відпадає необхідність монтажу та подальшого технічного обслуговування ліфтового господарства, систем автоматичного протипожежного захисту, внутрішнього протипожежного водопроводу, а також специфічних комплексів примусового димовидалення та підпору повітря. Це дозволяє кардинально знизити фінансове навантаження на інвесторів як на стадії капітального будівництва, так і під час тривого періоду подальшої експлуатації та комунального утримання споруди.

Окрім цього, суттєве зниження поверховості об'єкта веде до пропорційного зменшення загальної конструктивної ваги та матеріаломісткості будівлі. Це мінімізує сумарний вертикальний тиск від надземних конструкцій на

підстильні шари ґрунту, що, у свою чергу, дає змогу відмовитися від складних глибоких фундаментів на користь більш економічних та простих у виконанні рішень нульового циклу (наприклад, мілких стрічкових чи плитних монолітних фундаментів) [7].

Впровадження енергоефективних технологій у триповерховому житловому будівництві має свої унікальні закономірності. Завдяки меншому відношенню площі зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін) до загальної площі внутрішніх приміщень порівняно з індивідуальними котеджами, такі будинки демонструють високі показники енергозбереження. Проектні рішення передбачають улаштування автономних або індивідуальних систем опалення на базі сучасних конденсаційних газових котлів або теплових насосів повітря-вода, що дозволяє суттєво знизити споживання первинної енергії та забезпечує гнучке регулювання теплового режиму кожної квартири окремо. Впровадження систем припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла дозволяє утилізувати до 80% теплової енергії витяжного повітря, що мінімізує експлуатаційні витрати мешканців та наближає об'єкт до стандартів будівель із близьким до нульового рівнем споживання енергії.

Організаційно-технологічні рішення при зведенні триповерхових житлових будинків орієнтовані на максимальну поточність та інтенсифікацію будівельного виробництва [8, 9]. Завдяки відносно невеликим обсягам робіт на одному об'єкті, процес будівництва доцільно організаційно будувати потоково-розчленованим методом, розділяючи будівлю на технологічні захватки (наприклад, по секціях або поверхах). Це дозволяє забезпечити безперервну й рівномірну роботу комплексних будівельних бригад та оптимізувати використання засобів механізації.

Суттєвою перевагою є можливість відмови від важких баштових кранів великої вантажопідйомності та їх заміна на мобільні автомобільні чи самохідні стрілові крани середньої потужності. Це суттєво спрощує улаштування підкранових колій, зменшує площу небезпечної зони будівельного майданчика

та мінімізує витрати на енергозабезпечення механізмів. На етапі зведення підземної частини (нульового циклу) та виконання земляних робіт невеликі габарити котловану дозволяють раціонально збалансувати об'єми виїмки та зворотного засипання ґрунту, що зменшує логістичне навантаження на транспортні мережі міської інфраструктури [9].

Технологічна гнучкість малоповерхового будівництва також чітко проявляється під час улаштування інженерних мереж та виконання внутрішніх оздоблювальних робіт. Монтаж систем опалення, водопостачання, вентиляції та електротехнічних мереж може здійснюватися паралельно зі зведенням вищих поверхів (із дотриманням суворих вимог техніки безпеки та охорони праці), що дозволяє стиснути загальний графік будівництва. Застосування сучасних інвентарних опалубкових систем для монолітних робіт, швидке твердіння сучасних бетонних сумішей із використанням пластифікуючих добавок, а також висока заводська готовність конструктивних елементів створюють передумови для завершення повного циклу будівництва об'єкта в мінімальні терміни (до 4-6 місяців), що є критично важливим показником в умовах сучасного інвестиційного ринку.

Запроектовані триповерхові архітектурні об'єкти відзначаються надзвичайно високим рівнем просторової та стилістичної гнучкості при їх інтеграції в існуючий природний ландшафт передмість, рекреаційних зон або вже сформованих історичних районів міста. Вони делікатно доповнюють середовище, абсолютно не створюючи візуального, масштабного чи архітектурно-композиційного дисонансу з навколишнім оточенням. Відносно невелика, чітко обмежена кількість мешканців у межах одного будинку чи під'їзду відкриває широкі можливості для раціонального, деталізованого та функціонального планування прибудинкової території.

На виділеній земельній ділянці з'являється можливість розпланувати та облаштувати повноцінні, ізольовані зони для ландшафтного та декоративного озеленення, спорудження сучасних безпечних дитячих ігрових комплексів,

універсальних спортивних майданчиків із гумовим покриттям, а також затишних куточків для відпочинку дорослого населення. При цьому стає можливим грамотно організувати закриті або напіввідкриті екопарковки для індивідуального автотранспорту мешканців із твердим або газонним покриттям, винісши їх за межі основних пішохідних зон. Це дозволяє уникнути загазованості дворів та зберегти високий рівень екологічної безпеки.

Таким чином, розробка та будівництво триповерхового житлового будинку є комплексним, глибоко продуманим та технічно збалансованим інженерним рішенням, яке повністю спрямоване на формування екологічно орієнтованого, безпечного та максимально наближеного до природи сучасного міського простору.

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вихідні дані

У цьому проєкті розглядається триповерховий житловий будинок на 2 під'їзди у місті Києві [10]. Споруджувана будівля має розміри в осях $48,0 \times 14,4$ м, займає площу 691 м^2 і має орієнтацію головного фасаду на північний схід, що відповідає меридіональній орієнтації, що забезпечує найбільш тривалу інсоляцію будівлі [11].

Рельєф ділянки спокійний, ґрунти – супіски [12]. В елементах благоустрою використовується асфальтове покриття для проїздів і плиткове покриття для тротуарів і вимощення.

Форма будівлі прямокутна з виступом для балконів. Висота стель у всіх приміщеннях дорівнює 2,73 метра.

Пункт будівництва – м. Київ

Кліматичний район І.

Середня температура зовнішнього повітря: $t_{\text{хл}} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [1];

Житловий будинок має 3 поверхи.

Планувальне рішення: 2-кімнатні квартири – 12; 3-кімнатні квартири – 12.
Всього 24 квартири [10].

Характеристики будівлі:

Ступінь довговічності-II

Ступінь вогнестійкості-III [9];

Клас будівлі-III.

Об'ємно-планувальні показники будинку представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Об'ємно-планувальні показники

Найменування	Показник
Будівельний обсяг загальний, $V_{\text{заг.}}, \text{м}^3$	7257,6
Площа забудови, $S_{\text{заб.}}, \text{м}^2$	691,2
Загальна площа, $S_{\text{заг.}}, \text{м}^2$	2073,6
Корисна площа, $S_{\text{кор.}}, \text{м}^2$	1741,8
Кількість поверхів	3

1.2 Архітектурно-планувальні рішення

1.2.1 Генеральний план

Ділянка, відведена для розміщення проєктованого будинку, розташована в місті Київ, являє собою пустир, покритий трав'янистою рослинністю з окремими групами чагарників.

Проектowana будівля – 3-ти поверховий житловий будинок – складається з 2-х під'їздів, що мають прямокутну конфігурацію і надають однаковий силовий вплив на сусідні будівлі і споруди.

Розробка архітектурно-планувальної структури генерального плану базується на функціональному призначенні об'єкта та передбачає ефективне

освоєння складного рельєфу ділянки. При проєктуванні враховано суворе дотримання чинних санітарно-гігієнічних вимог та нормативів протипожежної безпеки [13, 14].

Рельєф ділянки характеризується відмітками 219,00÷223,00. Генеральний план виконаний в масштабі 1: 500.

За ступенем складності інженерно-геологічних умов майданчик відноситься до II категорії. Ґрунти не володіють агресивними властивостями до будь-яких марок бетону і до залізобетонних конструкцій [12, 15].

Планувальні позначки проєктованої будівлі визначені з урахуванням рельєфу місцевості і в ув'язці з інженерно-геодезичними відмітками.

За відносну позначку 0.000 прийнята відмітка чистої підлоги 1-го поверху, що відповідає абсолютній позначці 223.100.

Водовідведення від будівлі здійснено до лотків автодоріг з подальшим випуском у знижені місця рельєфу. Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов на майданчику намічений комплекс заходів з благоустрою та озеленення. На ділянках, вільних від забудови, передбачається улаштування газонів, вільно зростаючих чагарників, квітників, листяних дерев рядової посадки. Транспортна схема ділянки передбачає влаштування кільцевого проїзду для безперешкодного доступу пожежної техніки, а також гостьового паркінгу, розрахованого на 12 машиномісць.

Пішохідні зв'язки забезпечуються системою тротуарів. Проєктом благоустрою на прибудинковій території виділено зони для рекреації, господарської діяльності та розміщення контейнерів для побутових відходів. Майданчики комплектуються малими архітектурними формами та декором із сучасного архітектурного бетону [16, 4].

Для покриття доріг та паркувальних зон обрано асфальтобетон [4]. Зовнішні інженерні комунікації (водогін, каналізаційні та теплові мережі, силові кабелі) прокладаються у загальному прохідному каналі, що гарантує високу ремонтпридатність та спрощує їх експлуатацію.

1.3 Архітектурно-будівельні рішення

1.3.1 Об'ємно-планувальні рішення

Двох під'їздний 3-ти поверховий житловий будинок призначений для сімейного заселення і постійного проживання. У квартирах створені сприятливі умови для проживання сімей і відпочинку. Для забезпечення зручності проживання в квартирах є наступні функціональні групи приміщень: зона відпочинку (житлові кімнати); зона суспільно-робоча (вітальні); господарська зона (кухня); санітарно-гігієнічна (ванна кімната); допоміжна (коридори); вхідні, розподільна (передпокій). Зв'язки між приміщеннями квартири здійснюються за допомогою коридорів. Зв'язки між приміщеннями всієї будівлі здійснюється за допомогою ліфта, сходів і коридорів [16].

Конструктивна система будівлі представлена монолітним залізобетонним каркасом. Зовнішні огорожувальні конструкції мають загальну товщину 400 мм і передбачають влаштування теплоізоляційного шару з мінераловатних плит. Міжповерхове перекриття та покриття запроектовані із застосуванням збірних залізобетонних багатопустотних плит [17, 19].

Будівля має 2 під'їзди, кожен з яких обладнаний пасажирським ліфтом, а також сміттєпроводом. Висота поверху 3 м (від підлоги до стелі 2,73 метра).

Проектним рішенням передбачено влаштування опалювального технічного поверху з чистою висотою приміщень 1,74 м від рівня підлоги до перекриття.

1.3.2 Архітектурно-конструктивні рішення

Будівля має каркасно-діафрагмову конструктивну систему. Каркас складається з монолітних залізобетонних колон перерізом 400 × 400 мм (сітка 6 м) та бетону С25/30 [20]. Диски перекриття та покриття формуються зі збірних пустотних плит завтовшки 200 мм. Просторова жорсткість забезпечується

системою монолітних діафрагм, на які також спираються збірні сходи. Ліфтові шахти передбачені як збірні індивідуальні залізобетонні елементи.

Конструктивне рішення підземної частини передбачає використання збірних залізобетонних елементів стрічкового типу. Монтаж блоків здійснюється на попередньо влаштовану підготовку з худого бетону С8/10. Проектна міцність блоків відповідає класу С20/25, мурувального розчину – М100 [21]. Система гідроізоляції включає горизонтальний рулонний бар'єр та вертикальну двошарову обмазку бітумною мастикою. Для розміщення внутрішніх мереж водопроводу та каналізації проектом закладені залізобетонні лотки.

Стіни. Зовнішні стіни – навісні багатошарові з монолітного залізобетону з утепленням мінераловатними плитами та зовнішнім штукатурним оздобленням. Конструкція стіни складається із внутрішнього шару монолітного залізобетону товщиною 120 мм, зовнішнього шару монолітного залізобетону товщиною 60 мм та шару мінераловатного утеплювача товщиною 180 мм. Зовнішнє оздоблення – декоративна штукатурка по утеплювачу [22]. Загальна товщина стіни – 400 мм. Стіни спираються на перекриття в межах одного поверху.

Проектовані перегородки є багатошаровими конструкціями на основі сталевого профільного каркасу, обшитого гіпсокартонними листами. В приміщеннях з «мокрим» та «вологим» режимами експлуатації обов'язковим є використання спеціалізованих листів із захистом від проникнення вологи та регламентованим водопоглинанням (не більше 10 %). В інших зонах застосовується стандартний тип обшивки. Несучий металевий остов перегородок формується з профілів перетином 50-100 мм.

Покрівля [23] рулонна – плоска, суміщена, із зовнішнім водостоком. Склад покрівлі зверху вниз:

- гідроізоляція з ПВХ-мембрани Soprema Flagon SR;
- захисний шар з нетканого термічно укріпленого геотекстилю

Tipptex BS 25;

- армована цементно-піщана стяжка – 60 мм;
- поліетиленова плівка за типом гідробар'єр;
- теплоізоляційні плити з екструдованого пінополістиролу – 50 мм;
- похилоутворюючий шар з легкого бетону – 100 мм;
- пароізоляційна армована плівка «Паробар'єр Н110»;
- вирівнююча цементно-піщана стяжка – 20 мм;
- плита покрівлі – 200 мм.

Проектні рішення щодо внутрішнього оздоблення базуються на функціональному призначенні приміщень. Стіни житлового сектору готуються під фарбування по шпалерах. У приміщеннях загального призначення застосовується фактурне штукатурення стін та підвісні стельові системи. Оздоблення приміщень із підвищеною вологістю виконується вологостійкими матеріалами: керамічною плиткою та металевими стельовими елементами. Зовнішній вигляд будівлі формується комбінацією декоративної штукатурки та високоміцного облицювання цоколя гранітними плитами.

Підлоги. Конструкції застосовуваних підлог різняться залежно від призначення приміщення. Так у санвузлах, коридорах використовуються плиткові підлоги (підлогова плитка на цементному розчині). У санвузлах влаштовується бітумна гідроізоляція по залізобетонній плиті перекриття. У приміщеннях перебування мешканців – таких як спальні, вітальні влаштовуються лінолеумні підлоги (лінолеум на прошарку з холодної мастики, що укладається на стяжку з цементно-піщаного розчину М-100).

1.4 Інженерне обладнання

1.4.1 Пожежна сигналізація та пожежогашіння

Для забезпечення пожежної безпеки житлового будинку проектом передбачено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на

своєчасне виявлення загоряння [13], оповіщення мешканців про небезпеку, безпечну евакуацію людей та оперативне гасіння пожежі на початковій стадії.

Будівля належить до об'єктів житлового призначення, тому вимоги пожежної безпеки прийнято відповідно до чинних державних будівельних норм і правил. Конструктивні елементи будинку запроєктовані з матеріалів, що відповідають нормативним показникам вогнестійкості, а планувальні рішення забезпечують можливість швидкої евакуації мешканців у разі виникнення пожежі.

У будинку передбачається встановлення автоматичної пожежної сигналізації, яка забезпечує цілодобовий контроль стану приміщень загального користування та технічних зон. До складу системи входять:

- димові пожежні сповіщувачі у коридорах, сходових клітках, тамбурах та підвальних приміщеннях;
- теплові сповіщувачі у технічних приміщеннях;
- ручні пожежні сповіщувачі біля евакуаційних виходів;
- приймально-контрольний прилад пожежної сигналізації;
- система звукового та світлового оповіщення людей про пожежу.

При спрацюванні датчиків сигнал автоматично передається на центральний прилад керування, вмикається звукове оповіщення та світлова індикація. Для ліквідації осередків займання на початковій стадії проєктом передбачено первинні засоби пожежогасіння [24]:

- порошкові вогнегасники місткістю 5-8 кг у кожному під'їзді;
- вуглекислотні вогнегасники у електрощитових приміщеннях;
- пожежні щити з інвентарем (лопати, багри, відра) на прибудинковій території;
- зовнішнє пожежне водопостачання від пожежних гідрантів, розташованих на нормативній відстані.

Розміщення вогнегасників передбачається у легкодоступних місцях на шляхах евакуації, із відповідним маркуванням та вказівними знаками.

1.4.2 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Головна мета цього розрахунку – визначити потрібну товщину шару теплоізоляції, щоб забезпечити відповідний опір теплопередачі огорожувальної конструкції. Обчислення проводяться відповідно до сучасних будівельних норм [2]. Конструкція стіни проєктованого будинку наведена на рисунку 1.1. Розрахункові характеристики матеріалів наведені в таблиці 1.2.

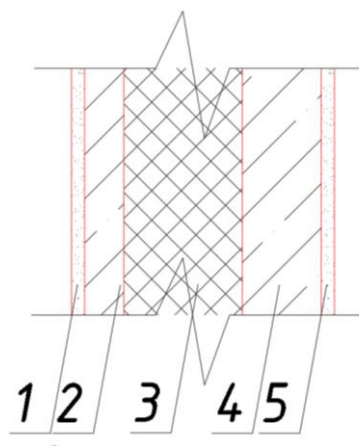


Рисунок 1.1 – Конструкція стіни

Таблиця 1.2 – Розрахункові характеристики матеріалів

№	Назва матеріалу	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт · м/К	Коефіцієнт теплозасвоєння S , Вт/м ² · К
1	Цементно-піщаний розчин – 20 мм	0,81	9,76
2	Залізобетон – 60 мм	0,50	8,01
3	Утеплювач – плити з мінеральної вати	0,066	1,02
4	Залізобетон – 120 мм	0,50	8,01
5	Цементно-піщаний розчин – 20 мм	0,81	9,76

Згідно з вимогами [2], мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх стін для першої температурної зони України складає

$R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. На основі нормативних показників мікроклімату ($t_{\text{в}}=20^\circ\text{C}$ і $\varphi_{\text{в}}=40\text{-}60\%$) встановлено, що вологісний режим приміщень громадського призначення в опалювальний сезон класифікується як нормальний. Умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях при нормальному вологісному режимі – «Б».

Визначення геометричних параметрів теплозахисного шару (δ_y) базується на теплотехнічних характеристиках поверхонь конструкції [2]. Коефіцієнти тепловіддачі прийняті згідно з чинними нормами: для внутрішньої грані – $8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, для зовнішньої – $23,0 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Подальший розрахунок спрямований на встановлення товщини ізоляції в метрах.

$$\delta_y = \left(R_{q \min} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} \right) \cdot \lambda_y$$

$$\delta_y = \left(3,3 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,06}{0,5} - \frac{0,12}{0,5} - \frac{0,02}{0,81} \right) \cdot 0,066 = 0,179 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_y = 0,18 \text{ м} = 180 \text{ мм}$.

Розраховуємо сумарний опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,06}{0,5} + \frac{0,18}{0,066} + \frac{0,12}{0,5} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Виконуємо перевірку виконання обов'язкової умови проєктування огорожувальних конструкцій за теплотехнічними вимогами:

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min}$$

$$3,31 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Отриманий сумарний опір теплопередачі повністю задовольняє мінімальні нормативні вимоги, що підтверджує працездатність прийнятого конструктивного рішення.

За розрахованими даними товщина зовнішньої стіни становить:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_y + \delta_4 = 0,02 + 0,06 + 0,18 + 0,12 + 0,02 = 0,4 \text{ м} = 400 \text{ мм}$$

1.5 Характеристика вікон і дверей

Заповнення віконних прорізів запроєктовано з використанням енергоефективних металопластикових профілів із потрійним склопакетом. Типорозміри віконних блоків у житлових зонах становлять 2260×1500 мм, 1660×1500 мм та 1360×1500 мм, що дозволяє забезпечити нормативний рівень природної інсоляції в усіх кімнатах. Планувальне рішення передбачає влаштування окремих входів до житлових приміщень кожної квартири.

Згідно з вимогами пожежної безпеки [14] та для швидкої евакуації мешканців, відкривання всіх дверей передбачено назовні, за напрямком руху до виходу на вулицю. Фіксація дверних блоків у прорізах здійснюється за допомогою антисептованих дерев'яних вкладишів, які монтуються безпосередньо в стіну під час зведення стін. Комплектація дверних стулок передбачає встановлення відповідної фурнітури: вирізних замків, засувок та дверних ручок. Габаритні розміри дверних блоків прийняті наступними: вхідні в будівлю – 1500×2100 мм; вхідні в квартири – 1000×2100 мм; внутрішньоквартирні двері – 900×2100 мм; 1000×2100 мм; санітарний вузол – 800×2100 мм; вхідні на лоджії – 700×2100 .

2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту

2.1.1 Аналіз інженерно-геологічних умов та властивостей ґрунтів будівельного майданчика

Аналіз фізико-механічних властивостей шарів основи під фундаменти виконано за усередненими результатами інженерно-геологічних вишукувань на майданчику будівництва у м. Київ.

Геологічний розріз представлений чотирма основними інженерно-

геологічними елементами (ІГЕ), серед яких виділено ґрунтово-рослинний шар, сірі та бурі суглинки, а також буру глину. Розрахункові параметри для кожного виділеного шару, що необхідні для подальшого обчислення несучої здатності основи та визначення геометричних розмірів підшви фундаменту, представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахункові параметри ґрунтів

№	Найменування шару	h, м	ρ , т/м ³	ρ_s , т/м ³	W	W ₁	W _p	ϕ , °	c, кПа	E, МПа
1	Ґрунтово-рослинний шар	0,6	1,5	-	-	-	-	-	-	-
2	Суглинок сірий	0,9	1,695	2,68	0,24	0,355	0,22	19	14	8,5
3	Суглинок бурий	4,0	1,91	2,67	0,25	0,315	0,215	24	22	16,5
4	Глина бура	4,5	1,92	2,69	0,27	0,42	0,235	14	37	12,5

2.1.2 Міцнісні та деформаційні характеристики ґрунтів основи

Параметри міцності та деформації є ключовими чинниками, що визначають несучу здатність основи та її реакцію на навантаження від майбутньої будівлі. Кут внутрішнього тертя та питоме зчеплення відображають зсувостійкість ґрунтів, тоді як модуль деформації є базовим показником для розрахунку очікуваного осідання. Врахування цих характеристик дозволяє гарантувати експлуатаційну надійність споруди та уникнути небезпечних нерівномірних деформацій. Розрахункові значення для кожного інженерно-геологічного елемента (ІГЕ) систематизовано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення для кожного інженерно-геологічного елемента

№	Найменування характеристик	Розрахункова формула	Шар 2	Шар 3	Шар 4
1	Число пластичності	$I_p = W_L - W_p$	0,135	0,1	0,185
2	Показник текучості	$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}$	0,148	0,350	0,189
3	Щільність сухого ґрунту, г/см³	$p_d = \frac{p}{1 + W}$	1,367	1,528	1,512
4	Коефіцієнт пористості	$e = \frac{p_s}{p_d} - 1$	0,961	0,747	0,779
5	Ступінь вологості	$S_r = \frac{W \cdot p_s}{e \cdot p_w}$	0,535	0,675	0,72
6	Коефіцієнт пористості на границі текучості	$e_L = \frac{p_s}{p_w} \cdot W_L$	0,683	0,951	0,720
7	Показник I_{ss}	$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e}$	-0,15	-0,007	-0,158

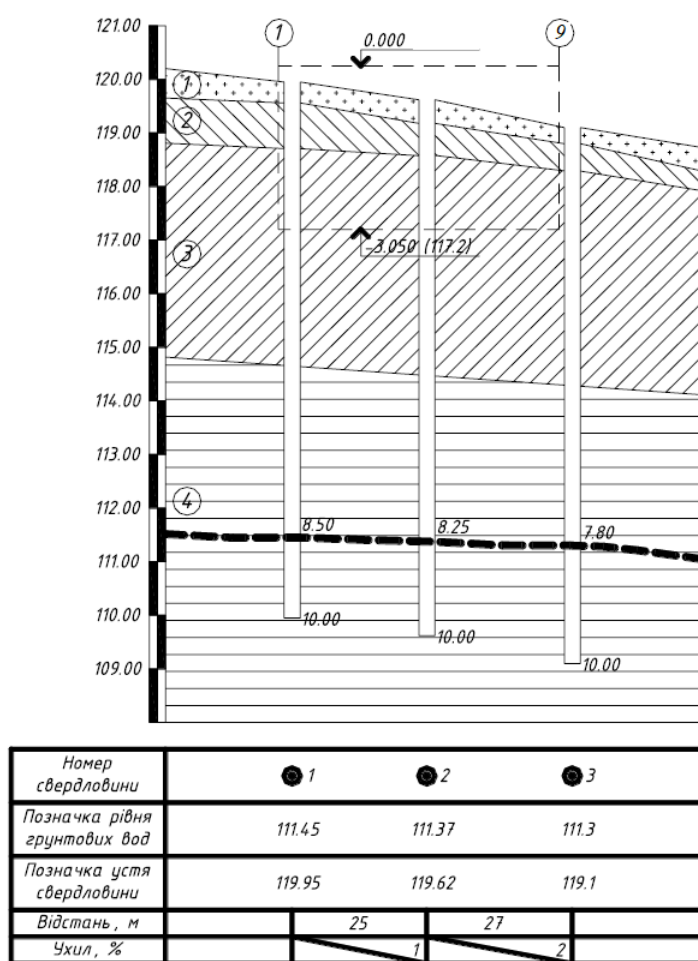


Рисунок 2.1 – Інженерно-геологічний розріз

Геологічний розріз ділянки представлений чотирма елементами, що витримані по площі забудови.

Насипна товща (ІГЕ-1) потужністю до 0,7 м, представлена пухким ґрунтом та будівельним сміттям. Просадочний горизонт (ІГЕ-2) – сірий важкий суглинок (0,7-1,0 м), схильний до втрати стійкості при зволоженні. Тугопластичний суглинок (ІГЕ-3) – бурий легкий пілуватий шар середньою потужністю близько 4 м. Глина бура (ІГЕ-4) – напівтвердий підстильний шар завтовшки до 5,2 м.

Детальні характеристики ґрунтів згідно з оцінкою інженерно-геологічних умов систематизовано в таблиця. 2.3.

Таблиця 2.3 – Детальні характеристики ґрунтів згідно з оцінкою інженерно-геологічних умов

№	Найменування показника	ІГЕ-2	ІГЕ-3	ІГЕ-4
1	Число пластичності $I_p = W_L - W_p$	0,135	0,1	0,185
2	Показник текучості $I_L = \frac{W \cdot p_s}{e_0 \cdot p_w}$	0,16	0,36	0,2
3	Коефіцієнт водонасичення $S_r = \frac{W \cdot p_s}{e_0 \cdot p_w}$ де p_w – щільність води	0,675	0,9	0,93
4	Коефіцієнт пористості $e_0 = \frac{p_s}{p} (1 + W) - 1$	0,965	0,745	0,78
5	Відносний вміст органічної речовини $I_r = \frac{G_c - G_n}{G_n}$	Відомості про наявність органічних включень та солей відсутні		
6	Ступінь засоленості D_{sal}			
7	Попереднє оцінювання просадності: а) $e_L = \frac{W_L p_s}{p_w}$; б) $I_{ss} = \frac{e_L - e_0}{1 + e_0}$ ґрунт може бути просадочний при виконанні таких умов: 1) $S_r < 0,8$; 2) $I_{ss} < [I_{ss}]$	проса- дочний	не проса- дочний	не проса- дочний

Враховуючи низьку несучу здатність ІГЕ-1 (насипні ґрунти) та специфічні властивості ІГЕ-2 (просадочний суглинок), ці шари класифікуються як слабкі основи, які необхідно прорізати фундаментами. Проєктом передбачено влаштування фундаментів у відкритому котловані з вийманням ґрунту та спиранням підшви на надійний горизонт ІГЕ-3 (суглинок бурий, тугопластичний).

2.1.3 Розрахунок стрічкового фундаменту

Обчислення зусиль на рівні підшви фундаментів виконано відповідно до вимог [7]. На початковому етапі для характерних перерізів визначено відповідні вантажні площі. Для ділянки І-І вантажна площа розраховується як:

$$A_{I-I} = \frac{L}{2} \cdot B = 3 \cdot 1 = 3 \text{ м}^2$$

Характеристичне значення снігового навантаження для м. Київ прийнято за нормативними даними і становить $S=0,61$. Результати розрахунку напружень наведено в таблиці 2.4, а навантаження на фундаменти – в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку напружень

Снігове навантаження	Характеристичні	Коеф. надійності за навантаж. γ_f	Експлуат. (II гр. гран. ст.)	Коеф. надійності за навантаж. γ_{fm}	Гран. (I гр. гран. ст.)
Постійні навантаження					
1. Покрівля	7,68	1	7,68	1.1	8,45
2. Міжповерхове перекриття	45,3	1	45,3	1.1	49,83
3. Горищне перекриття	9,57	1	9,57	1.1	10,53
4. Зовнішня стіна	133,2	1	133,2	1.1	146,52
5. Перегородки	12,15	1	12,15	1.1	13,37
		Σ	214,38	Σ	235,83

Короткочасні навантаження					
Тимчасове навантаження на перекриття	22,5	1	22,5	1.3	29,25
Снігове навантаження	1,83	1	1,83	1.1	2,01
		Σ	24,33	Σ	31,26

$$M = \frac{F_r}{15}; Q = \frac{F_r}{25}$$

Таблиця 2.5 – Навантаження на фундаменти

№ п/п	Зусилля	Переріз	
		II гр. ст.	I гр. ст.
1	N	238,71	267,09
2	0	9,55	10,7
3	M	—	—

При визначенні глибини закладення фундаментів враховано вимоги нормативних документів [7], зокрема наступні чинники:

- 1 Конструктивні параметри: функціональне призначення будівлі, особливості її структури, а також характер навантажень, що передаються на основу.
- 2 Розташування інженерних мереж та глибина фундаменту прилеглих споруд.
- 3 Існуючий та проєктний рельєф майданчика після проведення інженерної підготовки.
- 4 Специфіка нашарування ґрунтів та їхні фізико-механічні властивості.
- 5 Поточний рівень підземних вод та ризики його зміни під час будівництва чи експлуатації.

6 Розрахункова глибина сезонного промерзання ґрунтів у даному регіоні.

Для встановлення глибини закладання фундаментів виконано вертикальну прив'язку споруди до топографічного плану майданчика. За відносну позначку -1,500 прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній позначці 221,600 м.

Вибір глибини фундаменту базувався на порівнянні наступних чинників:

1 Кліматичні умови: мінімальна глибина за умови промерзання ґрунту має бути не вище позначки 121,9 м.

2 Геологічні умови: з урахуванням потужності ґрунтово-рослинного шару (за даними свердловини №2), підшва має залягати нижче позначки 122,56 м.

3 Конструктивні особливості: архітектурне рішення будівлі вимагає заглиблення до позначки 119,95 м.

Оскільки поблизу об'єкта відсутні суміжні споруди та підземні комунікації, за розрахункову прийнято глибину, що диктується конструктивними вимогами. Таким чином, мінімальна глибина закладення становить $d_{\min}=1,9$ м, максимальна $d_{\max}=2,6$ м.

2.1.4 Визначення необхідної ширини підшви стрічкового фундаменту

Технічний розрахунок фундаментів на природній основі виконується за другою групою граничних станів (за деформаціями). Головною умовою проектування є обмеження сумарної величини осідання основи та її нерівномірності гранично допустимими значеннями. Згідно з [7, 15], для споруд зі стіновим каркасом максимально припустиме осідання становить $S_u = 10$ см, а гранична нерівномірність – $(\Delta S/L) \cdot u = 0,002$. Для коректного застосування розрахункової схеми лінійно деформованого напівпростору необхідно дотримуватися умови, щоб середній тиск під підшвою фундаменту не

перевищував розрахунковий опір ґрунту ($p \leq K$).

$$R_{np} = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} k_z b \gamma'_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c C_{II}]$$

де γ_{c1} і γ_{c2} — коефіцієнти умов роботи;

γ_{c2} значення яких встановлюються залежно від співвідношення L/H , $\gamma_{c1} = 1,25$ і $\gamma_{c2} = 1,1$;

k — коефіцієнт надійності, що приймається рівним 1,0, оскільки розрахункові характеристики міцності ґрунту отримані безпосередньо за результатами лабораторних чи польових випробувань;

M_{γ} , M_q , M_c — безрозмірні коефіцієнти, що залежать від кута внутрішнього тертя ґрунту при $\varphi = 24$: $M_{\gamma} = 0,72$, $M_q = 3,87$, $M_c = 6,45$.

$$\gamma_{II} = \gamma_{IGE-2}^{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{2,72 \cdot 10 - 10}{1 + 0,747} = 9,6 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

— середньозважене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що розташовані нижче підосви фундаменту. При розрахунку враховано відсутність впливу підземних вод на даній глибині, $\text{кН}/\text{м}^3$

γ'_{II} — те саме, що розташовані вище підосви;

$$\begin{aligned} \gamma'_{II} &= \frac{\gamma_{IGH-1} \cdot h_1 + \gamma_{IGE-2} \cdot h_2 + \gamma_{IGE-3}^{sb} \cdot h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \\ &= \frac{17,5 \cdot 0,6 + 0,7 \cdot 17,9 + 18,3 \cdot 1,4}{0,6 + 0,7 + 1,4} = 18,02 \text{ кН}/\text{м}^3 \end{aligned}$$

C_{II} — розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту несучого шару (безпосередньо під підосвою), прийняте рівним 1 кПа;

d_1 — глибина закладення фундаментів відносно рівня планування. Для створення додаткового запасу надійності у розрахунку прийнято мінімальне значення, $d_1 = 0$ м;

d_b — глибина підвального приміщення (відстань від планувальної позначки землі до рівня підлоги підвалу), що становить $d_b = 2,7$ м

На першому етапі розраховується базовий опір ґрунту R_1 при $b = 0$ м:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1,25 \cdot 1,1}{1} [0,72 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 9,6 + 4,87 \cdot 2,7 \cdot 18,02 + 6,45 \cdot 22] = 378 \text{ кПа}$$

Встановлення попередніх розмірів фундаменту в плані

$$A_{\text{попер}} = \frac{F_V}{R_{\text{пр}}} = \frac{238.71}{310} = 0,77 \text{ м}^2$$

Ширина підшви окремого прямокутного фундаменту:

$$b_1 = \sqrt{\frac{F_V}{\eta[R_{\text{пр}} - (\gamma \cdot d_{\phi} + q)]}} = \sqrt{\frac{238.71}{1,2[310 - (20 \cdot 1 + 10)]}} = 0,84,$$

де $\gamma = 20 \text{ кН / м}^3$ – усереднена питома вага матеріалу фундаменту;

$d_{\phi} = 1 \text{ м}$ – прийнята висота конструкції фундаменту;

$q = 10 \text{ кН/м}^2$ – розрахункове корисне навантаження на підлогу 1 поверху;

F_V – вертикальне розрахункове навантаження, що передається на фундамент, кН;

η – коефіцієнт асиметрії підшви, що відповідає співвідношенню сторін, $1/b = 1,2$.

Після визначення попередніх габаритів виконується уточнення розрахункового опору ґрунту R з урахуванням фактичної ширини підшви b .

Для верифікації прийнятого рішення розраховується середній тиск під підшвою фундаменту $P_{\text{ср}}$.

$$\begin{aligned} R_{\text{сп}} &= \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot M_{\gamma} k_z b_{\text{пр}} \gamma_{II} + R_{\text{пр}} = \\ &= \frac{1,25 \cdot 1,1}{1} \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 9,6 + 310 = 329 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Знайдемо середній тиск під підшвою фундаменту

$$p_{\text{ср}} = \frac{F_V + G}{A} + q = \frac{238.71 + 54}{1} + 10 = 302.71 \text{ кПа}$$

$$A = b^2 \cdot \eta = 0.84^2 \cdot 1,2 = 0.85 \text{ м}^2$$

приймемо $b \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}^2$ – площа фундаменту;

$G = b \cdot 1 \cdot d_{\phi} \cdot \gamma = 1 \cdot 2.7 \cdot 20 = 54 \text{ кН}$ – вага фундаменту.

Знайдемо різницю між $P_{\text{ср}}$ та $R_{\text{сп}}$

$$\Delta = \frac{R_{sp} - p_{сер}}{R_{sp}} = \frac{329 - 302,71}{329} 100\% = 9.1\%$$

Для позацинтрово-завантаженого фундаменту визначено граничні значення тиску на ґрунт:

$$p_{max/min} = \frac{F_V + G}{A} + q \pm \frac{\sum M^H}{W} = \frac{238.71 + 54}{1} + 10 \pm \frac{19,8}{0,3} = 302.71 \pm 118,8$$

де $\sum M^H$ – сума моментів на рівні підшви фундаменту,

$$\sum M + Q_d = 0 + 9,55 \cdot 2.7 = 25,8;$$

W – момент опору фундаменту відносно площини, в якій діє моментне навантаження.

$P_{min} = 183,91 \text{ кПа} > 0$ (відриву підшви фундаменту від основи не буде);

$P_{max} = 421,51 \text{ кПа}$, що менше ніж $1,2R = 1.2 \cdot 329 = 432 \text{ кПа}$.

Отже, приймаємо $b \times 1 = 1 \times 1 \text{ м}$.

2.1.5 Визначення осідання стрічкового фундаменту

Визначення тиску під підшвою фундаментів

$$p_0 = \frac{N_1^{//}}{b \cdot 1 \text{ м. п.}} = \frac{447,07}{1,9 \cdot 1} = 235,07 \text{ кПа}$$

Ґрунтову товщу розділено на елементарні шари потужністю $h = 0,38 \text{ м}$.

Визначення тиску від власної ваги ґрунту на рівні підшви фундаменту:

$$\sigma_{zg.0} = 14,91 \cdot 2,2 + 19,43 \cdot 0,2 = 36,69 \text{ кПа}$$

Додаткове напруження на підшві фундаменту по його осі:

$$\sigma_{zp.0} = \sigma_{mt} - \sigma_{zg.0} = 235,07 - 36,69 = 198,3 \text{ кПа}$$

Нижню межу розрахункової зони встановлено на глибині $9,2 \text{ м}$ від підшви фундаменту [7, 15]:

$$0,2 \cdot 168,43 = 34,70 \text{ кПа} \approx 33,9 \text{ кПа} - \text{різниця } 0,8 \text{ кПа} < 1 \text{ кПа}.$$

Після точки №18 розрахунок припинено, оскільки зафіксовано стабільне

зростання різниці між природним та додатковим тиском.

Сумарна розрахункова величина осідання становить 2,6 см. Умова за II граничним станом виконується $S = 2,6 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}$.

Розрахунок осідання фундаменту наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок осідання фундаменту

№ шару	z, м	h, м	α	σ_{zp} , кПа	σ_{zg} , кПа	σ_{zy} , кПа	E, МПа	ε	S, см
0	0	0	1.00	36.69	198.31	196.03	38	17000	0.35
1	0.38	0.4	0.98	44.07	193.75	184.23	38	17000	0.33
2	0.76	0.8	0.88	51.46	174.71	162.22	38	17000	0.29
3	1.14	1.2	0.76	58.84	149.73	138.52	38	17000	0.25
4	1.52	1.6	0.64	66.22	127.32	118.19	38	17000	0.21
5	1.90	2.0	0.55	73.61	109.07	101.83	38	17000	0.18
6	2.28	2.4	0.48	80.60	94.59	88.94	38	20400	0.16
7	2.66	2.8	0.42	87.92	83.29	78.73	38	20400	0.12
8	3.04	3.2	0.37	95.24	74.17	70.50	38	20400	0.11
9	3.42	3.6	0.34	102.56	66.83	63.76	38	20400	0.10
10	3.80	4.0	0.31	109.88	60.68	58.11	38	20400	0.09
11	4.18	4.4	0.28	117.20	55.53	53.35	38	20400	0.08
12	4.56	4.8	0.258	124.52	51.16	49.28	38	20400	0.07
13	4.94	5.2	0.239	131.83	47.40	45.81	38	20400	0.07
14	5.32	5.6	0.223	139.15	44.22	42.74	38	20400	0.06
15	5.70	6.0	0.208	146.47	41.25	40.06	38	20400	0.06
16	6.08	6.4	0.196	153.79	38.87	37.78	38	20400	0.06
17	6.46	6.8	0.185	161.11	36.69	35.70	38	20400	0.05
18	6.84	7.2	0.175	168.43	34.70	—	38	20400	0.05
Осідання									2,6

2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту

2.2.1 Розрахунок багатопустотної плити перекриття

Розрахунок за першою групою граничних станів.

Для типового поверху прийнята багатопустотна плита з розрахунковим прольотом $\ell_0 = 5,98$ м.

Визначення навантажень на 1 м² конструкції наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Склад та значення навантажень на перекриття [2]

Вид навантаження	Нормативне, Н/м ²	γ_f	Розрахункове, Н/м ²
Постійне :			
Власна вага виробу	3000	1,1	3300
Склад підлоги:			
Покриття (лінолеум), кг/м ²	60	1,3	78
Цементно-піщана стяжка М150, $\delta=40$ мм	600	1,3	780
Деревоволокниста плита (ДВП)	80	1,3	104
Шар керамзитобетону М75	160	1,3	208
Разом постійного:	4660		5458
Тимчасове (тривале та короткочасне):			
Навантаження від перегородок	2160	1,2	2592
Корисне навантаження	2000	1,2	2400
Загальне навантаження	8820		10450

З урахуванням ширини плити 1,5 м та коефіцієнта надійності за призначенням будівлі $\gamma_n = 0,95$ [1], розрахункові значення погонного навантаження становлять:

постійне:

$$q = 5,458 \times 1,5 \times 0,95 = 7,78 \text{ кН/м}$$

повне:

$$q + v = 10,45 \times 1,5 \times 0,95 = 14,9 \text{ кН/м}$$

$$v = 4,99 \times 1,5 \times 0,95 = 7,1 \text{ кН/м}$$

Нормативне навантаження на 1 м при ширині плити 1,5 м з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням будівлі $\gamma_n = 0,95$; постійна:

$$q = 4,66 \times 1,5 \times 0,95 = 6,64 \text{ кН/м}$$

повна:

$$q + v = 8,82 \times 1,5 \times 0,95 = 12,6 \text{ кН/м}$$

Максимальні зусилля від розрахункових впливів:

$$M = \frac{(q + v)\ell_0^2}{8} = \frac{14,9 \times 5,98^2}{8} = 64,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$Q = \frac{(q + v)\ell_0^2}{2} = \frac{14,9 \times 5,98^2}{2} = 43,8 \text{ кН}$$

Від повного навантаження:

$$M = \frac{(q + v)\ell_0^2}{8} = \frac{12,6 \times 5,98^2}{8} = 54,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$Q = \frac{(q + v)\ell_0^2}{2} = \frac{12,6 \times 5,98^2}{2} = 37 \text{ кН}$$

Від нормативної постійного і тривалого навантажень:

$$M = \frac{12,6 \times 5,98^2}{8} = 54,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Висота перетину багатопустотної залізобетонної плити:

$$h \approx \frac{\ell_0}{30} = \frac{598}{30} \approx 20 \text{ см}$$

Робоча висота перерізу:

$$h_0 = h - a = 20 - 3 = 17 \text{ см}$$

Параметри плити.

Товщина верхньої та нижньої полиць становить по 2 см (визначено як (20-16) 0,5). Ширина серединних ребер дорівнює 3,5 см, тоді як для крайніх 4,65 см.

Під час обчислень за першою групою граничних станів (ГС-I) розрахункова товщина стиснутої зони полиці таврового профілю приймається $b'_f = 2 \text{ см}$.

Оскільки співвідношення $\frac{h'_f}{h} = \frac{2}{20} = 0,1 \geq 0,1$ до розрахунку залучається повна ширина полиці $b'_f = 146$ см; тоді ширина ребра

$$b = 146 - 6 \cdot 15,9 = 51 \text{ см}$$

Для виготовлення багатопустотної попередньо напруженої плити застосовується стрижнева арматура класу А800. Процес натягу здійснюється електротермічним способом на упори форм. Проектні вимоги передбачають третю категорію тріщиностійкості виробу.

Використовується важкий бетон класу С20/25, показники якого узгоджені з характеристиками напружуваної арматури. Основні розрахункові параметри матеріалу:

Міцність: розрахунковий опір стисненню $R_b = 14,5$ МПа (з урахуванням коефіцієнта умови роботи $\gamma_{b2} = 0,9$), нормативний $R_{bn} = R_{b,ser} = 18,5$ МПа.

Опір розтягу: $R_{bt} = 1,05$ МПа (розрахунковий) та $R_{bth} = R_{bt,ser} = 1,6$ МПа (нормативний).

Жорсткість: модуль пружності $E_b = 30000$ МПа. Передавальна міцність R_{bp} підбирається за умови, що рівень напружень обтиснення не перевищує 0,75 від величини R_{bp} .

Для поздовжніх ребер обрано сталь класу А800.

Показники опору становлять: нормативний $R_{sn} = 785$ МПа, розрахунковий (МПа) $R_s = 680$ МПа.

Модуль пружності матеріалу прийнято $E_s = 190000$ МПа.

Початкове напруження арматури встановлюється на рівні:

$$\sigma_{sp} = 0,6R_{sn} = 0,6 \times 785 = 470 \text{ МПа}$$

Перевірка технологічних обмежень:

$$\sigma_{sp} + p \leq R_{sn},$$

де σ_{sp} – попередня напруга арматури.

При електрохімічному методі натягу воно обчислюється за формулою $p = 30 + \frac{360}{\ell}$, де ℓ – довжина стержня, що дорівнює 6 м.

$$p = p = 30 + \frac{360}{6} = 90 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{sp} + p = 470 + 90 = 560 < R_{sn} = 785 \text{ МПа}$$

Вимогу дотримано, прийняте значення напруження є допустимим.

Визначення граничного відхилення попереднього напруження здійснюється з урахуванням кількості напружуваних стрижнів $n_p = 2$

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{P}{\sigma_{sp}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right)$$

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{90}{470} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,16$$

Коефіцієнт точності натягу при позитивному впливі попереднього напруження обчислюється за залежністю:

$$\gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,16 = 0,84$$

Для аналізу стадії обтиснення (контроль утворення тріщин у верхній зоні) цей коефіцієнт приймається рівним $\gamma_{sp} = 1 + 0,16 = 1,16$.

Відповідно, розрахункове значення напруження з урахуванням фактору точності становитиме:

$$\sigma_{sp} = \gamma_{sp} \times \sigma_{sp} = 0,84 \times 470 = 385 \text{ МПа}$$

При діючому моменті $M=64,4$ МПа розглядаємо тавровий переріз із полицею у стиснутій зоні. Обчислюємо параметр

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b_f h_0^2} = \frac{6440000}{[0,9 \times 14,5 \times 146 \times 17^2 \times 100]} 0,117$$

За табличними даними знаходимо відносну висоту стиснутої зони $\xi=0,125$. Тоді фактична висота становить:

$\chi = \xi h_0 = 0,125 \cdot 17 = 2,13 \text{ см} < 3 \text{ см}$, нейтральна вісь розташована в межах полиці $\xi = 0,938$.

Параметри стиснутої зони:

$$\omega = 0,85 - 0,008 R_b = 0,85 - 0,008 \times 0,9 \times 14,5 = 0,75$$

Граничне значення висоти стиснутої зони:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sp}}{\sigma_{scu}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,75}{1 + \frac{575}{500} \left(1 - \frac{0,75}{1,1}\right)} = 0,548$$

Тут $\sigma_{sr} = R_s = 560 + 400 - 385 = 575 \text{ МПа}$.

Для сталі класу А800, що має умовну межу плинності, враховуємо коефіцієнт γ_{s6} . Його величина визначається залежністю:

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \left(\frac{2\xi}{\xi_R} - 1 \right) = 1,15 - (1,15 - 1) \left(\frac{2 \times 0,125}{0,548} - 1 \right) = 1,23 < \eta$$

Оскільки для даного класу арматури параметр $\eta = 1,15$, а розраховане значення ξ є значно меншим за граничне, приймаємо максимальне значення $\gamma_{sb} = \eta = 1,15$.

Необхідна площа перерізу напружуваної арматури обчислюється за формулою:

$$A_s = m \gamma_{s6} R_s \xi h_0 = 6440000 / 1,15 \times 560 \times 0,938 \times 17 = 6,4 \text{ см}^2$$

Встановлено 8 $\oslash$ А800, $A_s = 9,28 \text{ см}^2$.

Оцінка міцності за похилим перерізом $Q = 43,8 \text{ кН}$

Врахуємо сприятливий вплив зусилля попереднього обтиску $P = 338 \text{ кН}$:

$$\phi_n = \frac{0,1N}{R_{bt} b h_0} = \frac{0,1 \times 338000}{1,05 \times 48 \times 17} = 0,39 < 0,5$$

де ϕ_n – коефіцієнт, що враховує вплив поздовжніх сил.

Аналіз потреби у поперечному армуванні. Умова:

$$Q 3_{bt0}^3 \text{ При } q = q + \frac{v}{2} = 7,78 + \frac{7,1}{2} = 11,3 \text{ кН/м і оскільки } 0,16 \phi_{b4} (1 + \phi_n) R_{bt} b = 0,16 \times 1,5 \times (1 + 0,39) \times 0,9 \times 1,05 \times 48 = 1513,2 \text{ Н/см} > 113 \text{ Н/см,}$$

приймаємо $c = 2,5 h_0 = 2,5 \cdot 17 = 42,5 \text{ см}$

Друга умова (поперечна сила діюча в вершині похилого перерізу):

$$Q = Q 1_{max}^3$$

якщо $\phi b_4 (1 + \phi_n) R_{bt} b h_0 > Q = Q 1_{max}$ то встановлення поперечної арматури за розрахунком не є обов'язковим:

$$\begin{aligned}\phi_{b4}(1 + \phi_n)R_{bt}bh_0^2 &= 1,5 \times 1,39 \times 0,9 \times 1,05 \times 48 \times \frac{17^2}{42,5} = \\ &= 64,3 \times 10^3 H < 39 \times 10^3 H\end{aligned}$$

отже, поперечна арматура не є обов'язковою.

Незважаючи на результати розрахунку, згідно з конструктивними вимогами, на припорних ділянках (довжиною $\ell/4$ прогону) встановлюємо каркаси з кроком $S = h/2 = 20/2 = 10$ см (арматура $\varnothing 4$ класу В500). У середній зоні плити поперечне армування можна не передбачати.

Розрахунок за граничними станами другої групи.

Для спрощення розрахунків круглі порожнечі трансформуємо в еквівалентні квадрати зі стороною $h = 0,9d = 0,9 \cdot 16 = 14,4$ см. Виходячи з цього, товщина полиць еквівалентного тавра становить

$$h'_f = h_f = (20 - 14) \times 0,5 = 2,8 \text{ см}$$

Ширина ребра:

$$146 - 7 \times 14,4 = 45,2 \text{ см} \quad (4.8)$$

Площа зведеного перерізу:

$$A_{red} = 146 \times 20 - 159 \times 14,4 = 1622 \text{ см}^2$$

Відстань від нижньої грані до центра ваги перерізу:

$$y_0 = 0,5 \times h = 0,5 \times 20 = 10 \text{ см}$$

Момент інерції симетричного перетину:

$$I_{red} = \frac{bh^3}{12} - \frac{((bh)_{np})^3}{12} = 136897,3 \text{ см}^4$$

Момент опору перетину по нижній зоні:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_0} = \frac{136897,3}{10} = 13689,7 \text{ см}^3$$

То само по верхній зоні $W'_{red} = 13689,7 \text{ см}^3$.

Відстань від ядрової точки, найбільш віддаленої від розтягнутої грані (верхньої), до центру ваги перетину:

$$r = \phi_n \left(\frac{W_{red}}{A_{red}} \right) = 0,85 \left(\frac{13689,7}{1622} \right) = 7,2 \text{ см},$$

$$\phi_m = 1,6 - \frac{\sigma_{ep}}{R_{b,ser}} = 1,6 - 0,75 = 0,85$$

Для оцінки тріщиностійкості використовується пружно-пластичний момент опору W_{pl} . Приймаючи коефіцієнт непружних деформацій $\gamma = 1,5$, що актуально для таврових профілів при $h_f/h < 0,2$, маємо:

$$W_{pl} = \gamma W_{red} = 1,5 \times 13689,7 = 20535 \text{ см}^3$$

Аналогічно, для стадії виготовлення та обтиснення, пружно-пластичний момент становить $W'_{pl} = 20535 \text{ см}^3$.

Втрати попередньої напруги арматури.

Приймаємо коефіцієнт точності натягу арматури $\gamma_{sp}=1$. Втрати напружень внаслідок релаксації сталі при обраному електротермічному методі становлять:

$$\sigma_{sp} = 0,03 \cdot 470 = 14,1 \text{ МПа}$$

Зусилля обтиснення P прикладене з ексцентриситетом $e_{op} = 10 - 3 = 7 \text{ см}$ відносно центра ваги перерізу. Напруження в бетоні на етапі передачі зусиль визначається за стандартною залежністю:

$$\begin{aligned} \sigma_{ep} &= \frac{P}{A_{red}} + P_{lop} \frac{y_0}{I_{red}} = \\ &= (423075,2/1622 + 423075,2 \times 7 \times 10 \times 13689,7) \times 100 = 3,8 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$$\text{Зусилля обтиску } P_1 = A_s(\sigma_{sp} - \sigma_1) = 9,8(470 - 14,1) \times 100 = 423 \text{ кН.}$$

Передавальна міцність бетону встановлюється на рівні $R_{bp} = 12,5 \text{ МПа}$.

При цьому виконується нормативна вимога щодо обмеження напружень:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{ep}}{R_{ep}} &\leq 0,75 \\ \frac{\sigma_{ep}}{R_{ep}} &= \frac{3,8}{12,5} = 0,30 \end{aligned}$$

Знаходимо напруги стискання в бетоні на рівні центру ваги площі напруженої арматури від зусилля обтиску (не враховуючи момент від ваги плити):

$$\sigma_{ep} = \left(\frac{423075,2}{1622} + \frac{423075,2 \times 7^2}{13689,7} \right) / 100 = 3,2 \text{ МПа.}$$

Розрахунок решти втрат:

Швидкозатікаюча повзучість: Визначена з урахуванням рівня напружень

$$\sigma_{вр} / R_{вр} = 3,2 / 2,5 = 0,3 \text{ і при } \alpha > 0,3 \sigma_{ep} = 40 \times 0,3 = 12 \text{ МПа.}$$

Перші втрати $\sigma_{los} = \sigma_1 + \sigma_{вр} = 14,1 + 12 = 26,1 \text{ МПа}$, напруга $\sigma_{вр} = 3,2 \text{ МПа}$; $\sigma_{ep} / R_{ep} = 0,35$.

Усадка бетону: Прийнята за нормативними даними як

Повзучість бетону: Обчислена з урахуванням характеристик матеріалу та становить

$$\sigma_9 = 150 \cdot 0,85 \cdot 0,35 = 44,6 \text{ МПа.}$$

Другі втрати: $\sigma_{los2} = \sigma_8 + \sigma_9 = 35 + 44,6 = 79,6 \text{ МПа}$.

Сумарна величина втрат перевищує встановлений мінімальний поріг (100 МПа). $\sigma_{los} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2} = 26,1 + 79,6 = 105,7 > 100 \text{ МПа}$,

Кінцеве зусилля обтиснення, з урахуванням повних втрат становить:

$$P_2 = A_s \times (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 9,28 \times (470 - 105,7) = 338 \text{ кН.}$$

Розрахунок за утворенням тріщин, нормальних до поздовжньої осі

Для оцінки моменту утворення тріщин приймаємо значення коефіцієнтів надійності по навантаженню $\gamma_f = 1$, $M = 54,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

За формулою $M < M_{crc}$, знаходимо момент утворення тріщин, застосовано метод ядрових моментів:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl} + M_{rp} = 1,6 \times 20535 + 4319640 = 76,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Згідно з розрахунком $M = 54,5 \text{ кН} \cdot \text{м} < 76,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$, поява тріщин у розтягнутій зоні під час експлуатації виключена.

Додатково виконано перевірку на відсутність початкових тріщин у верхній зоні плити під впливом зусилля обтиску. Для цього використано підвищений коефіцієнт точності натягу $\gamma_{sp} = 1,1$. Власний завантажувальний момент на цій стадії не враховувався.

$$P_1 (l_{op} + r_{inf})(7 + 7,2)_{btp_{pl}}$$

Розрахункова умова забезпечена, цілісність верхньої зони плити під час обтиснення гарантована.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Стисла характеристика будівництва та умови будівництва

Об'єктом проектування є триповерховий житловий будинок на два під'їзди в місті Київ. Будівля має прямокутну форму з габаритними розмірами в осях 48,0×14,4 м, площу забудови 691,2 м² та загальний будівельний обсяг 7257,6 м³. Конструктивна система об'єкта базується на монолітному залізобетонному каркасі (бетон класу С25/30) [25], з перекриттям із багатопустотних плит товщиною 200 мм та колонами перерізом 400×400 мм. Фундаменти запроектовані як блоки товщиною 1000 мм на бетонній підготовці, закладена на глибині -2,44 м. Зовнішні стіни є монолітними з утеплювачем мінераловатними плитами загальною товщиною 400 мм, та оздоблені декоративною штукатуркою. Будинок розрахований на 24 квартири (по 12 двокімнатних та трикімнатних).

Умови будівництва визначаються розташуванням об'єкта у І кліматичному районі з розрахунковою температурою зовнішнього повітря 22°C [12]. Майданчик характеризується рівнинним рельєфом (абсолютні відмітки 215,00-220,00) та належить до І категорії за складністю інженерно-геологічних умов. Ґрунти основи представлені супісками та суглинками, які не є агресивними до залізобетонних конструкцій. Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 3,1 м [15].

Будівля має II ступінь довговічності та III ступінь вогнестійкості. Організація робіт передбачає використання потоково-розчленованого методу та застосування крана МКА-16. Благоустрій території включає асфальтобетонне

покриття проїздів, гостювий паркінг на 12 машиномісць та кільцевий проїзд для пожежної техніки.

3.2 Способи виконання необхідних будівельно-монтажних робіт

3.2.1 Виконання земляних робіт

Земляні роботи є початковим етапом будівництва житлового будинку та включають процеси розробки, переміщення й ущільнення ґрунту [26].

Будівельний майданчик характеризується рівнинним рельєфом. Ґрунти суглинки, рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині -3,1 м. Глибина закладання фундаментів прийнята 2,44 м відповідно до інженерно-геологічних умов.

До складу земляних робіт входять: підготовка майданчика, геодезична розбивка осей, зняття рослинного шару, розробка котловану, зачистка дна, улаштування піщаної підготовки, зворотна засипка та ущільнення ґрунту [8, 9]. Перед початком робіт виконують очищення території та винесення осей будівлі в натуру. Рослинний шар товщиною 0,2-0,3 м знімається бульдозером і складається для подальшого використання.

Розробка котловану здійснюється механізованим способом за допомогою екскаватора. Ґрунт вивозиться автосамоскидами. Укоси котловану виконуються з урахуванням типу ґрунту (для суглинків приблизно 1:0,75). У разі нестійких ґрунтів передбачаються тимчасові кріплення. Зачистка дна котловану виконується вручну безпосередньо перед улаштуванням фундаментів. Після цього влаштовується піщана підготовка товщиною 100-150 мм із ущільненням.

Зворотна засипка виконується після завершення фундаментних робіт шарами по 200-300 мм з обов'язковим ущільненням. Для виконання робіт застосовуються бульдозери, екскаватори, автосамоскиди та вібротрамбівки. Контроль якості передбачає перевірку розмірів котловану, відміток дна та щільності ґрунту. Приймання робіт здійснюється перед улаштуванням

фундаментів. Під час виконання робіт необхідно дотримуватись вимог техніки безпеки: забезпечувати стійкість укосів, обмежувати доступ у небезпечні зони, огорожувати котлован та контролювати роботу техніки.

3.2.2 Виконання монтажних робіт

Монтажні роботи при будівництві житлового будинку включають установа збірних конструкцій будівлі та забезпечують формування її просторової жорсткості. До складу монтажних робіт входять: монтаж фундаментних блоків, плит перекриття, сходових маршів, перемичок та інших збірних елементів.

Перед початком монтажу виконують підготовчі роботи: перевірку геометричних розмірів і положення фундаментів, нанесення розбивочних осей, підготовку монтажних пристроїв і такелажного обладнання. Монтаж конструкцій здійснюється за допомогою крана. Подача елементів виконується у зону монтажу з подальшим встановленням у проєктне положення.

Установка конструкцій проводиться з дотриманням такої послідовності [8, 27]:

- подача елемента краном;
- наведення та орієнтація;
- встановлення на опорні елементи;
- тимчасове закріплення;
- перевірка положення за рівнем і відвісом;
- остаточне закріплення.

Монтаж плит перекриття здійснюється по вирівняному шару розчину з забезпеченням необхідної глибини опирання. Після укладання виконується зварювання закладних деталей та заповнення швів розчином. Для забезпечення стійкості конструкцій використовуються тимчасові кріплення до досягнення проєктної жорсткості будівлі. Контроль якості монтажних робіт включає

перевірку точності встановлення елементів; відповідності відміток і положення конструкцій; якості зварних з'єднань; заповнення монтажних швів.

Під час виконання монтажних робіт необхідно дотримуватись вимог охорони праці: не допускати перебування людей під вантажем, використовувати справні стропи та монтажні пристрої, забезпечувати стійкість крана та надійність тимчасових кріплень.

3.2.3 Виконання монолітних робіт

Монолітні залізобетонні стіни при будівництві 3-поверхового житлового будинку передбачають улаштування зовнішніх та внутрішніх несучих конструкцій методом бетонування в опалубці з подальшим утепленням та оздобленням.

Перед початком робіт виконують підготовку основи: перевіряють горизонтальність фундаменту або перекриття, здійснюють геодезичну розбивку осей будівлі та встановлюють опалубні системи згідно з проєктом. Монтаж опалубки виконується з забезпеченням жорсткості, герметичності та точності геометричних розмірів. Арматурний каркас виготовляється та встановлюється відповідно до робочих креслень із забезпеченням захисного шару бетону. Бетонна суміш подається до місця укладання за допомогою бетононасосів або кранів.

Бетонування монолітних стін виконується шарами з обов'язковим ущільненням глибинними вібраторами для усунення пустот та забезпечення однорідності конструкції. Особлива увага приділяється безперервності бетонування, правильному ущільненню та дотриманню проєктної товщини стін. Після укладання бетон витримується до набору необхідної міцності з дотриманням режиму догляду (зволоження, захист від пересихання та перепадів температур).

Після демонтажу опалубки з внутрішнього або зовнішнього боку

конструкції виконується монтаж теплоізоляційного шару (плит мінеральної вати), який щільно прилягає до поверхні стіни без утворення щілин та містків холоду. За конструктивним рішенням утеплювач розміщується усередині багатошарової стіни подальшим закриттям оздоблювальним шаром штукатурки.

Контроль якості [28] включає перевірку вертикальності та площинності монолітних стін; відповідності геометричних розмірів проєкту; якості ущільнення бетону (відсутність раковин і пустот); міцності та цілісності конструкції; щільності прилягання утеплювача та правильності виконання теплоізоляційного шару.

Під час виконання робіт необхідно дотримуватись вимог техніки безпеки: використовувати справні опалубні системи та риштування, забезпечувати стійкість конструкцій до бетонування, не перевантажувати перекриття матеріалами, дотримуватись правил безпечної роботи з бетононасосами, вібраторами та вантажопідіймальними механізмами.

3.2.4 Виконання покрівельних робіт

Покрівельні роботи для 3-поверхового житлового будинку передбачають улаштування плоскої суміщеної рулонної покрівлі із зовнішнім водостоком. Така конструкція забезпечує надійну гідроізоляцію, теплоізоляцію та відведення атмосферних опадів.

Перед початком робіт перевіряють стан плити покриття, очищають поверхню від пилу та сміття, виконують геодезичний контроль відміток. Роботи виконуються послідовно, шарами від нижніх до верхніх.

Після влаштування вирівнюючої стяжки укладається пароізоляція з герметизацією стиків. Далі формується ухил за допомогою легкого бетону (1,5-5%) у напрямку водоприймальних воронок. Теплоізоляційні плити укладаються щільно одна до одної без зазорів. Поверх них влаштовується

гідроізоляційний підстильний шар (поліетиленова плівка), після чого виконується армована стяжка. На підготовлену основу укладається геотекстиль, який виконує захисну функцію, після чого монтується ПВХ-мембрана шляхом механічного кріплення або зварювання гарячим повітрям із герметизацією швів. Особлива увага приділяється улаштуванню примикань до парапетів, вентиляційних каналів і водоприймальних воронок.

Контроль якості включає перевірку дотримання товщини та послідовності шарів; герметичності гідроізоляції; правильності ухилів покрівлі; якості зварних швів мембрани.

Під час виконання робіт необхідно дотримуватись вимог охорони праці: використовувати страхувальні засоби при роботі на висоті, забезпечувати безпечне переміщення по покрівлі, не виконувати роботи під час опадів або сильного вітру.

3.2.5 Виконання оздоблювальних робіт

Оздоблювальні роботи є завершальним етапом будівництва 3-поверхового житлового будинку та спрямовані на надання приміщенням естетичного вигляду і забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик. До складу оздоблювальних робіт входять: штукатурні, шпаклювальні, малярні роботи, облицювання поверхонь, улаштування підлог та встановлення оздоблювальних елементів.

Перед початком робіт виконують підготовку поверхонь: очищення від пилу та забруднень, вирівнювання основ, закладення тріщин і швів. Роботи виконуються після завершення основних будівельно-монтажних процесів та прокладання інженерних мереж.

Штукатурні роботи здійснюються цементно-піщаними розчинами з метою вирівнювання поверхонь стін і стель. Після висихання виконується шпаклювання для досягнення гладкості поверхні. Малярні роботи включають ґрунтування та фарбування поверхонь у кілька шарів із дотриманням

технологічних перерв для висихання. Облицювання виконується плиткою та іншими матеріалами у приміщеннях із підвищеною вологістю. Улаштування підлог передбачає виконання стяжки, укладання покриття (ламінат, плитка тощо) та встановлення плінтусів.

Контроль якості включає перевірку рівності поверхонь, якості покриттів, відсутності дефектів і відповідності виконаних робіт проєкту [28].

Під час виконання оздоблювальних робіт необхідно дотримуватись вимог охорони праці: використовувати індивідуальні засоби захисту, забезпечувати вентиляцію приміщень, дотримуватись правил роботи з електроінструментами та будівельними матеріалами.

3.3 Вибір монтажного крана

Вибір монтажного механізму виробляємо по найбільш віддаленій від крана конструкції (плити перекриття), але при цьому враховуємо вагу найбільш важкої конструкції на меншому вильоті [29].

Необхідна вантажопідйомність крана.

$$Q = q_{\text{ел}} + q_{\text{стр}} = 2,8 + 0,05 = 2,85 \text{ тн.}$$

де $q_{\text{ел}}$ – вага конструкції в тн.

$q_{\text{стр}}$ – вага вантажозахоплювального пристосування в тн.

Необхідна висота підйому гака крана.

$$H_{\text{кр}} = h_o + h_{\text{зап}} + h_{\text{ел}} + h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}} = 7,8 + 0,5 + 0,3 + 4,5 + 1,5 = 14,6 \text{ м,}$$

де h_o – перевищення опори над рівнем стоянки крана в м.

$h_{\text{зап}}$ – запас по висоті для перенесення конструкції, що монтується, над раніше змонтованої конструкцією в м.

$h_{\text{ел}}$ – висота елемента в проєктному положенні в м.

$h_{\text{стр}}$ – висота вантажозахоплювального пристосування в м.

$h_{\text{пол}}$ – висота поліспасти в м.

Визначаємо необхідний виліт гака

$$L_2 = \frac{(e + c + d) \times (H_{кр} - h_{шар})}{h_{шар} + h_{пол}} + a =$$

$$= \frac{(0,5+1+1,5) \times (14,6-1,5)}{1,5+1,5} + 1,5 = 13,1 м,$$

де e – половина товщини стропи м.

c – відстань від краю стріли до краю елемента в м.

$h_{шар}$ – висота шарніра над рівнем стоянки крана в м.

a – відстань від осі проходки крана до шарніра стріли в м.

Необхідна довжина стріли:

$$L_{стр} = \sqrt{(L_{кр} - a)^2 + (H_{кр} - h_{шар})^2} =$$

$$= \sqrt{(14,6 - 1,5)^2 + (13,1 - 1,5)^2} = 16,98 м$$

Вибираємо монтажний механізм кран марки МКА-16 з довжиною стріли 23 м при роботі на опорах з наступними технічними характеристиками:

Вантажопідйомність $1 \div 5,5$ т.

Виліт $4 \div 20$ м

Висота підйому $2 \div 18,8$ м.

3.4 Технологічна карта на влаштування фундаментів

3.4.1 Технологія виконання робіт

Технологічна карта розроблена на влаштування стрічкових фундаментів під монолітні стіни 3-поверхової житлової будівлі з розмірами в плані $48 \times 14,4$ м. Позначка закладання фундаментів 2,44 м, позначка верху – 1,17.

До складу робіт, які розглядаються технологічною картою входять:

- вивантаження і розкладка конструкцій;
- доопрацювання ґрунту вручну;
- влаштування бетонної підготовки;
- монтаж фундаментів стрічкових збірних залізобетонних.

До початку монтажу фундаментів необхідно виконати комплекс підготовчих робіт, що забезпечують точність встановлення конструкцій та відповідність проєктним рішенням.

Спочатку виконується зачистка дна котлованів до проєктної відмітки з видаленням розпушеного ґрунту, сторонніх включень та вирівнюванням основи. Після цього влаштовується піщана підготовка з пошаровим ущільненням, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження від фундаментів на основу та зменшує ризик нерівномірних осідань.

Далі проводиться інструментальна розбивка осей будівлі із застосуванням геодезичних приладів. Для закріплення осей на місцевості влаштовується обноска, на якій фіксуються основні та допоміжні осі будівлі. Після цього осі переносяться на дно котлованів та закріплюються дерев'яними кілками-мітками, що дозволяє точно контролювати положення фундаментних елементів під час монтажу.

Монтаж фундаментів виконується монтажною ланкою у складі 4 осіб із застосуванням монтажного крана МКА-16 з довжиною стріли 23 м та вантажопідйомністю 1-5,5 т. Пересування крана здійснюється поздовжньо по центру прольоту будівлі, що забезпечує зручність подачі елементів у зону монтажу та мінімізацію простоїв.

Стропування фундаментних блоків виконується чотиривітковим стропом вантажопідйомністю 5 т, із обов'язковою перевіркою надійності зачеплення перед підйомом. Під час монтажу дотримуються вимог безпеки щодо стійкості вантажу та плавності його переміщення.

Розподіл обов'язків у монтажній ланці організовується наступним чином. Монтажник М-3 (2 розряд) виконує підготовчі операції: перевірку елементів фундаменту перед підйомом, підготовку місця встановлення, а також стропування конструкції. Монтажник М-1 (4 розряд) та монтажник М-2 (3 розряд) здійснюють приймання фундаментного елемента після подачі краном, його встановлення в проєктне положення та орієнтацію за розмітками

(рисками) на зовнішніх поверхнях і за колишками-мітками на дні котловану.

Після встановлення елемента виконується його вивірка за горизонтальністю та вертикальністю з використанням вимірювальних інструментів. За необхідності проводиться рихтування монтажними ломами для точного суміщення з проєктними осями. Після остаточного встановлення елемент тимчасово фіксується до завершення стабілізації положення та подальшого закріплення згідно з проєктом.

Контроль якості монтажу включає перевірку правильності розбивки осей, відповідності положення фундаментів проєктним відміткам, точності встановлення по вертикалі та горизонталі, а також якості ущільнення основи. Особлива увага приділяється точності взаємного розташування фундаментних елементів, оскільки це визначає геометрію всього каркаса будівлі.

Під час виконання робіт суворо дотримуються правил техніки безпеки: забороняється перебування працівників під підвішеними вантажами, необхідно використовувати справні вантажозахоплювальні пристрої, забезпечувати стійкість крана під час роботи та не допускати перевантаження монтажних механізмів.

3.4.2 Вимоги до якості та приймання робіт

Моніторинг якості під час зведення стрічкових фундаментів виконується лінійним персоналом (виконробом або майстром) із залученням фахівців акредитованої будівельної лабораторії. Система виробничого контролю передбачає обов'язкову перевірку проєктних рішень, вхідне інспектування якості будівельних ресурсів, що надходять на об'єкт, операційний нагляд за дотриманням технологічних циклів та фінальне приймання робіт із оформленням відповідних актів на приховані роботи та актів готовності конструкцій.

Технологічна послідовність контрольних заходів під час монтажу

елементів збірного стрічкового фундаменту реалізується за таким алгоритмом:

- влаштовується вирівнювальна піщана підготовка завтовшки 10 см, габарити якої на 20 см перевищують розміри фундаментної подушки;
- на дні розробленого котловану за допомогою металевих шпильок або геодезичних кілків фіксується положення кутових та маркерних блоків;
- із зовнішньої сторони встановлених орієнтирів на поверхні піщаного шару монтуються дошки з нанесеними осьовими позначками, після чого виконується звірка їхнього планового положення;
- за допомогою нівеліра встановлюється точне висотне положення контрольних дощок відповідно до проєктних відміток;
- виконується пошарове ущільнення та фінішне вирівнювання піщаної основи до рівня встановлених дощок;
- здійснюється монтаж фундаментних блоків на підготовлену ділянку таким чином, щоб їхні інсталяційні риски збігалися з мітками на дошках;
- проводиться інструментальна перевірка висотних відміток встановлених кутових блоків (значення на рейці, встановленій на блоці, має бути меншим за відлік на репері на величину висоти самого блоку);
- виконуються контрольні заміри лінійних розмірів сторін та діагоналей у межах секцій між маяковими точками для підтвердження відповідності проєктній геометрії;
- вздовж верхнього зовнішнього ребра між кутовими та проміжними маяковими блоками натягується причалка (шнур), за якою здійснюється монтаж і контроль положення всіх рядових елементів фундаменту.

Перелік технологічних процесів, що підлягають контролю, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік технологічних процесів, що підлягають контролю

Етапи робіт	Контрольовані операції	Метод контролю	Документація
Підготовчі роботи	Перевірити: – наявність документа про якість; – якість поверхні та зовнішній вигляд блоків, точність геометричних розмірів; – перенесення основних осей фундаментів на обноску; – підготовку фундаментних блоків до монтажу, включаючи очищення опорних поверхонь від забруднень і льоду	Візуальний, вимірювальний Візуальний, кожен елемент	Паспорти на плити та блоки, загальний журнал робіт
Установка фундаментних блоків	Контролювати: – установку фундаментних блоків, відповідність їх положення в плані та по висоті вимогам проєкту; – щільність прилягання підшви фундаментних блоків до основи; – заповнення швів цементним розчином згідно з проєктом	Вимірювальний, кожен елемент Візуальний Те саме	Загальний журнал робіт
Приймання виконаних робіт	Перевірити: – відхилення від вертикалі площин блоків стін; – відхилення осей фундаментних блоків відносно розбивочних осей; – заповнення швів між блоками розчином	Вимірювальний, кожен елемент Те саме Візуальний	Виконавча геодезична схема, акт приймання робіт

3.4.3 Техніка безпеки

Процес зведення стрічкового фундаменту реалізується з суворим дотриманням положень ДБН А.3.2-2:2009 [13] щодо промислової безпеки у будівництві. До технологічних операцій залучається персонал із належним рівнем кваліфікації та чинними посвідченнями, що пройшов навчання згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05 [30] про порядок перевірки знань з охорони праці. Обов'язковою умовою є ознайомлення працівників із положеннями технологічної карти під особистий підпис.

Система електробезпеки на території об'єкта організовується відповідно до діючих нормативних стандартів. Категорично забороняється експлуатація пошкодженого обладнання, робота механізмів без заземлювальних контурів та використання інструменту з дефектами ізоляційного шару. Локації робіт

обладнуються інформаційними знаками згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2019 [31].

Технічний стан будівельних машин має відповідати паспортним даним та регламентам експлуатаційної документації. Функціонування та рух важкої техніки поблизу виїмок дозволяється виключно за межами зони призми обвалення ґрунтових мас. Маневрування та подача автотранспорту в робочу зону координуються сигнальником або іншою відповідальною особою.

На етапі монтажу конструкцій підземного циклу всі елементи підлягають очищенню від забруднень, намерзань та корозії безпосередньо на поверхні землі до початку підйому. Перед встановленням перевіряються геометричні параметри виробів, наявність установчих рисок та надійність вузлів стропування, що гарантує безпечне переміщення конструкцій до місця їхнього проєктного положення.

Виконання зварювальних операцій регламентується нормами ДБН та галузевими правилами протипожежного режиму. Не допускається проведення зварювання під електричною напругою, під час атмосферних опадів без захисних накриттів або за наявності технічних несправностей апаратів. До робіт допускаються сертифіковані зварювальники з групою допуску з електробезпеки не нижче II.

Протипожежний захист будівельного майданчика передбачає наявність укомплектованих постів із первинними засобами гасіння вогню. Утилізація будівельних залишків шляхом спалювання заборонена. Відходи мають накопичуватися в інвентарних контейнерах із подальшим плановим вивезенням за межі території будівництва.

З метою дотримання екологічних стандартів на об'єкті організовано систему роздільного збору сміття, а також облаштовано спеціальні пункти для промивання техніки зі спорудами для очищення та відведення стічних вод.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Організація безпеки на будівельному об'єкті виступає фундаментальним елементом підготовки виробничих процесів і підпорядковується розгалуженій мережі нормативних актів України, державним стандартам та галузевим нормам, що регламентують правила безпечного ведення монтажних і будівельних робіт [13, 32-34]. Головними правовими джерелами, які встановлюють організаційні та правові принципи охорони праці, виступають Кодекс законів про працю, профільний Закон України «Про охорону праці» [33,34], а також комплексні будівельні нормативи, передусім ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [13]. Згідно з цими положеннями, на суб'єкта господарювання покладається обов'язок щодо формування безпечного робочого середовища, впровадження дієвих алгоритмів управління ризиками, проведення фахової підготовки персоналу та систематичного контролю за дотриманням регламентів безпеки [21].

Суттєве значення у системі галузевого регулювання мають державні стандарти (ДСТУ) та комплекс стандартів безпеки праці (ССБП). Вони деталізують умови облаштування зон виконання робіт, порядок застосування індивідуального й колективного захисту, використання апробованих методів праці, а також мінімізацію впливу шкідливих чи небезпечних виробничих факторів. Положення [13] визначають чіткі критерії до підготовки будівельного майданчика, включаючи його периметральне огороження, організацію безпечних логістичних шляхів, правила складування виробничих ресурсів, порядок роботи вантажопідіймальної техніки, а також заходи електротехнічної та протипожежної безпеки [35].

Згідно з чинними нормами, на адміністрацію підприємства покладається обов'язок щодо повного забезпечення персоналу відповідними засобами

індивідуального захисту, проведення регулярних навчань та інструктажів, організації медичних обстежень, а також облаштування належної санітарно-гігієнічної інфраструктури [35]. Пріоритетним напрямком є недопущення випадків травматизму на виробництві через застосування передових і безпечних методів будівництва, а також безперервний моніторинг за їх впровадженням на кожному циклі зведення об'єкта.

Нагляд за дотриманням регламентів безпеки на території забудови реалізується через систему оперативного контролю, який здійснюють керівники діляниць (майстри чи виконроби) у процесі робіт, внутрішній аудит з боку відомчої служби охорони праці, а також зовнішній державний нагляд профільними органами Держпраці України [32]. Будь-які підсумки контрольних заходів підлягають обов'язковій реєстрації у звітній виконавчій документації, загальних журналах робіт та офіційних актах інспектування [36].

Ефективне функціонування системи безпеки праці на об'єкті ґрунтується на системному виконанні положень законодавчих актів України, будівельних нормативів і профільних стандартів. Такий підхід дає змогу суттєво зменшити професійні загрози, гарантувати фізичну безпеку фахівців на майданчику та оптимізувати продуктивність виконання проєктних завдань.

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

Процес ідентифікації потенційно шкідливих і небезпечних виробничих факторів на будівельному майданчику вимагає комплексного підходу [37-40]. Комісія зі спеціальної оцінки умов праці повинна проаналізувати весь технологічний ланцюжок робіт, використовувані матеріали та обладнання. Помилки на цьому етапі можуть призвести до того, що реальні загрози здоров'ю працівників залишаться без уваги і компенсаційних заходів.

1. Фізичні фактори виробничого середовища

Найбільш поширеними фізичними факторами в будівництві є шум і вібрація [41]. Будівельна техніка, електроінструмент і технологічні процеси генерують рівні звукового тиску, часто перевищують допустимі норми. Вібрація може бути загальною, що передається через опорні поверхні, і локальної, що впливає на руки працівника при роботі з відбійними молотками або шліфувальними машинами.

Запиленість повітря є критичним фактором, особливо при роботі з бетоном, цеглою, утеплювачами і деревними матеріалами. Кремнеземний пил, що утворюється при різанні бетону і каменю, представляє особливу небезпеку для дихальної системи. Освітленість також вимагає контролю, так як роботи часто ведуться в умовах недостатнього природного світла, в нічний час або всередині споруджуваних споруд без постійного освітлення [42].

Мікрокліматичні умови на відкритих майданчиках складно нормувати стандартними методами, так як вони залежать від погоди. Однак в закритих приміщеннях, побутовках і укриттях параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам [41]. Переохолодження або перегрів працівників можуть призвести до зниження концентрації уваги і підвищення ризику травматизму.

2. Хімічні та біологічні фактори

Використання лакофарбових матеріалів, розчинників, клейових складів і гідроізоляції призводить до присутності в повітрі робочої зони хімічних речовин [41]. Концентрація парів і аерозолів повинна контролюватися, особливо в замкнутих просторах, таких як колодязі, тунелі або внутрішні приміщення без вентиляції [35].

Біологічні фактори можуть виникати при роботі на територіях, раніше не освоєних промисловістю, або при реконструкції старих будівель. Цвіль, грибок, комахи і гризуни становлять небезпеку для здоров'я [35, 41]. Крім того, при земляних роботах існує ризик контакту з ґрунтовими інфекціями.

3. Фактори трудового процесу і тяжкості праці

У будівництві величезну роль відіграє тяжкість трудового процесу [35]. Підйом і переміщення важких предметів, робоча поза, нахили корпусу, переміщення в просторі – всі ці параметри підлягають оцінці. Тривале перебування в незручній позі або часті підйоми вантажів можуть привести до захворювань опорно-рухового апарату.

Нервово-психічне напруження також підлягає оцінці, особливо для працівників, зайнятих на відповідальних операціях, таких як монтаж висотних конструкцій або управління складною технікою [35]. Висока відповідальність за безпеку інших людей і ризик аварій створюють постійний стресовий фон.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Показники виробничого травматизму та професійної захворюваності в будівництві залишаються на високому рівні [35, 43]. За даними статистики, у світі кожен 6-й смертельний випадок на виробництві відбувається при виконанні будівельних робіт. Більше 40 % працівників будівельної галузі зайняті на роботах зі шкідливими і(або) небезпечними умовами праці (віднесені до 3 і 4 класу), що є однією з основних причин високого рівня виробничого травматизму і професійної захворюваності будівельників [43]. На частку будівництва припадає в середньому 17,5% травм від загального виробничого травматизму в країні. Причини травматизму і нещасних випадків різноманітні і визначаються специфікою виробництва (рис. 4.1) та [43].

Методи оцінки ризиків поділяються на дві групи: непрямі і прямі методи. Прямі методи використовують статистичну інформацію за обраними показниками ризиків або відповідні показники збитку і ймовірності їх настання, в т. ч. кількість нещасних випадків при падінні з висоти, ураженні електричним струмом тощо. Однак в більшості випадків підприємства і організації не мають у своєму розпорядженні досить великими статистичними даними, А статистика

в рамках одного підприємства не завжди об'єктивна і прийнятна. При оцінці ризиків із застосуванням непрямих методів вводяться характеристики можливих флуктуацій індикаційних параметрів, які мають причинно-наслідковий зв'язок з ризиками (результати практичної роботи, перевірок та аудиту) [35].

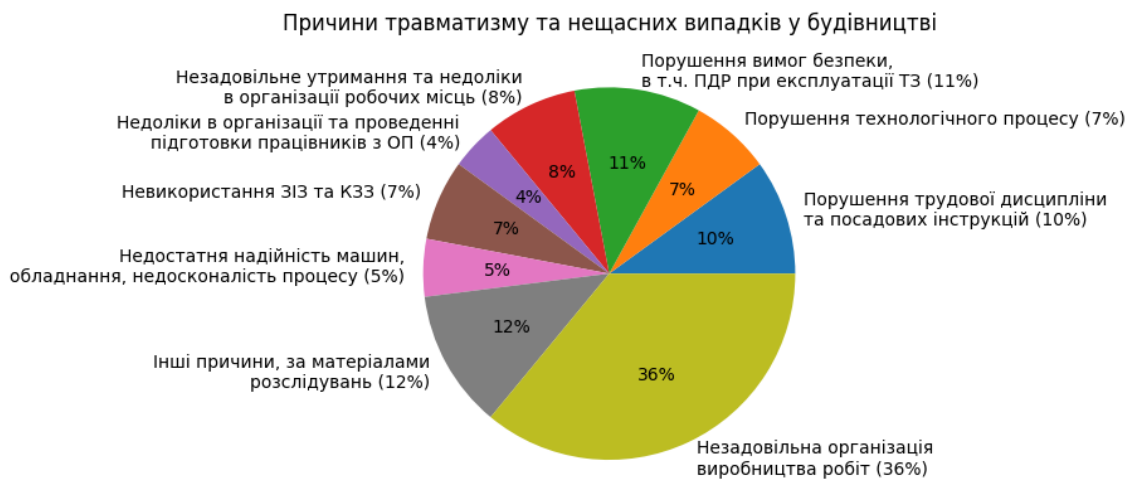


Рисунок 4.1 – Співвідношення причин травматизму і нещасних випадків у будівництві

До факторів ризику нещасних випадків на виробництві можна віднести: наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів в робочій зоні, фізична присутність працівника в небезпечній зоні, відсутність або незадовільний стан засобів індивідуального та колективного захисту та ін. [35, 40]. Для будівельних підприємств даний перелік факторів можна конкретизувати і значно розширити і включити в нього наступні позиції: якість організаційно-технологічної документації, виконання земляних робіт (глибина, технічне оснащення), зведення будівель і споруд (поверховість, технології виробництва робіт), засоби підмоцнування, вантажопідйомну техніку та ін. Вибір прямого або непрямого методу залежить від наявного обсягу статистичної інформації та особливостей вирішуваних завдань. Для відносно невеликої будівельної організації краще непрямі методи виявлення небезпек та оцінки ризиків.

4.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проєктування

Покращення умов праці на будівельному об'єкті є комплексним завданням, яке передбачає впровадження організаційних, технічних та архітектурно-планувальних рішень, спрямованих на зниження виробничих ризиків, підвищення безпеки працівників та оптимізацію будівельних процесів. Реалізація таких заходів здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України [13, 32-34].

Організаційно-технічні заходи включають раціональне планування будівельного майданчика, забезпечення безпечної технологічної послідовності виконання робіт, чіткий розподіл обов'язків між працівниками та інженерно-технічним персоналом, а також впровадження системи постійного контролю за дотриманням вимог охорони праці [37, 41]. Важливим елементом є організація безпечного переміщення людей і вантажів по будівельному майданчику, правильне розміщення складських зон, монтажних ділянок, тимчасових споруд та під'їзних шляхів. Значну роль відіграє також механізація важких та небезпечних робіт із застосуванням сучасної будівельної техніки, що дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників і мінімізувати ризик травматизму [35].

До технічних заходів належить впровадження безпечних технологій виконання будівельно-монтажних робіт, використання справного та сертифікованого обладнання, застосування колективних та індивідуальних засобів захисту, а також забезпечення належного стану будівельних машин і механізмів [35]. Особлива увага приділяється електробезпеці, пожежній безпеці, стійкості конструкцій під час монтажу, а також запобіганню падінню з висоти шляхом використання огорожень, риштувань і страхувальних систем. Важливим є також впровадження систем вентиляції, освітлення та шумозахисту, що забезпечують нормативні санітарно-гігієнічні умови праці [21-20].

Архітектурно-планувальні заходи передбачають раціональну організацію простору будівельного майданчика та проєктування об'єкта з урахуванням вимог безпеки праці [13]. Це включає забезпечення оптимальних габаритів робочих зон, зручних і безпечних проходів, правильне розташування евакуаційних шляхів, сходових клітин та ліфтових шахт [12]. Важливим є також врахування інсоляції, природного освітлення та вентиляції приміщень, а також мінімізація перетину потоків людей, транспорту і будівельних матеріалів [11, 14, 42]. При проєктуванні об'єкта передбачається використання безпечних конструктивних рішень, що зменшують потребу в роботах на висоті або в небезпечних умовах [35].

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4

У розділі розглянуто питання охорони праці на будівельному об'єкті відповідно до чинного законодавства України та будівельних норм. Встановлено, що ефективна система охорони праці включає організаційний контроль, навчання працівників, забезпечення засобами захисту та дотримання безпечних технологій виконання робіт.

Аналіз умов праці показав наявність небезпечних і шкідливих факторів (шум, вібрація, пил, хімічні речовини, важкість праці), які можуть негативно впливати на здоров'я працівників і підвищувати ризик травматизму.

Оцінка виробничих ризиків підтвердила високий рівень безпеки у будівельній галузі, що зумовлює необхідність системного підходу до їх виявлення та запобігання.

Запропоновані організаційно-технічні та архітектурно-планувальні заходи спрямовані на зниження ризиків, покращення умов праці та підвищення безпеки будівельного процесу.

Загалом, дотримання вимог охорони праці є необхідною умовою безпечного та ефективного виконання будівельних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Будівельна галузь України 2025: Комплексний аналіз ключових викликів на шляху до відбудови. URL.: <https://blog.mehbud.com.ua/uk/other/budivel%CA%B9na-haluz%CA%B9-ukrayiny//> (дата звернення:01.06.2026).
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Чинний від 2022-09-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 27 с.
3. Містобудування і містобудівна діяльність. Містобудівне проектування. Загальні положення URL.: <https://helpiks.org/3-83824.html> (дата звернення:01.06.2026).
4. Будівельне матеріалознавство для сучасного будівництва: навч. посібн. / О.В. Кондращенко. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. – 208 с.
5. ДБН В 1.2-14:2008. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Чинний від 2009-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2008. 36 с.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 2. Чинний від 2007-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2007. 70 с.
7. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Чинний від 2019-10-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2018. 42 с.
8. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 54 с.
9. Технологія будівельного виробництва: навчальний посібник / О.В.Якименко. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 410 с.
10. Будівельний ринок України в умовах війни: аналітика, оцінки та перспективи URL.: <https://www.profbuild.in.ua/uk/vsi-statti-zhurnala-prof->

[build/4828-budivelnij-rinok-ukrajini-v-umovakh-vijni-analitika-otsinki-ta-perspektivi](#) (дата звернення 05.06.26).

11. ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення.

12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Чинний від 2011-11-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2010. 127 с.

13. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. 117 с.

14. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2017. 39 с.

15. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: навчальний посібник / Г.М. Гладишев, І.П. Данкевич. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2021. – 104 с.

16. Архітектура будівель і споруд. Книга 2. Житлові будинки: підручник / В.О. Плоский, Г.В. Гетун. – Київ: Рута, 2017. – 736 с.

17. Основи проектування залізобетонних конструкцій за Європейськими нормами / В.Д. Кріпак. – Київ: Ліра-К, 2024. – 148 с.

18. Будівельні конструкції: навчальний посібник / Є.В. Клименко та ін. – Київ: Центр навчальної літератури, 2021. – 426 с.

19. ДСТУ Б В.2.6-154:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції. Збірно-монолітні конструкції. Правила проектування. Чинний від 2011-11-06. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2010. 31 с.

20. ДСТУ EN 206:2018. Бетон. Специфікація, експлуатаційні характеристики, виробництво та відповідність (EN 206:2013+A1:2016, IDT). Чинний від 2019-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2018. 32 с.

21. ДСТУ Б В.2.7-23-95. Розчини будівельні. Загальні технічні умови. Чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 1995. 40 с.
22. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. Чинний від 2011-06-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2011. 63 с.
23. ДСТУ EN 13707:2023. Матеріали покрівельні гідроізоляційні м'які. Просочені бітумом листи для гідроізоляції покрівлі. Визначення та характеристики (EN 13707:2004 + A2:2009, IDT). Чинний від 2024-04-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2023. 33 с.
24. ДСТУ EN 15276-1:2021. Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи аерозольного пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів і методи їх випробування (EN 15276-1:2019, IDT). Чинний від 2022-05-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 44 с.
25. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови. Чинний від 2023-09-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2022. 24 с.
26. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. Чинний від 2013-09-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2013. 88 с.
27. Організація та управління будівництвом: підручник / О.А. Тугай та ін. – Київ: Ліра-К, 2024. – 400 с.
28. ДСТУ 9254:2023. Контроль якості будівельних робіт. Загальні положення. Чинний від 2024-05-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2023. 59 с.
29. ДСТУ EN 13001-1:2018. Крани вантажопідіймальні. Загальні положення конструювання. Частина 1. Загальні принципи та вимоги (EN 13001-1:2015, IDT). Чинний від 2019-10-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2018. 30 с.
30. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. Чинний від 2024-10-25. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2005. 35 с.

31. ДСТУ EN ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT). Чинний від 2020-07-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2019. 136 с.
32. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). Чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2019. 40 с.
33. Конституція України (ст. 43). Режим доступу URL: <https://constitution.in.ua/articles/43/> (дата звернення 15.06.26).
34. Закон України «Про охорону праці». Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення 15.06.26).
35. Охорона праці в будівництві: підручник / А.С. Беліков та ін. – Дніпро: Журфонд, 2023. – 523 с.
36. Інструктажі з охорони праці: види та особливості проведення. URL.: <https://www.pfu.gov.ua/zk/719052-instruktazh-z-ohorony-pratsi-vydy-ta-osoblyvosti-provedennya/> (дата звернення 15.06.26).
37. НПАОП 45.2-7.03-17 Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. Чинний від 2017-10-20. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 27 с.
38. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Чинний від 2007-03-27. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2007. 15 с.
39. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Чинний від 2007-12-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2007. 25 с.

40. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011-02-02. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2007. 10 с.

41. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво») / ХНУМГ ім. О.М. Бекетова; уклад. П.М. Фірсов, С.В. Бутнік, С.В. Бутенко, В.А. Александрович, О.В. Кабусь. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2025. – 30 с.

42. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. Чинний від 2019-03-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2018. 137 с.

43. Стан виробничого травматизму. URL.: <https://dsp.gov.ua/stand-vyrobnychoho-travmatyzmu/> (дата звернення 16.06.26).