

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

БАКАЛАВР
(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект багатоквартирного житлового будинку в Гусятині

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МБ-41
спеціальності 192 Будівництво та
цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Гавдера С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Швед Я.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мещерякова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Качка О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студента Гавдери Степана Васильовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект багатоквартирного житлового будинку в Гусятині.

Керівник роботи д.ф., ст. викладач Швед Я.Л.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № № 4/7-48

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16 чervня 2025

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва– смт. Гусятин.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Теоретичний розділ . Архітектурно будівельний розділ. Розрахунково-конструктивна частина
Розрахунково-конструктивний розділ. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Генплан, Фасади, Розрізи, Плани поверхів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Барановський В.М. д.т.н, професор		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М. ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студентка

(підпис)

Гавдера С. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Швед Я. Л.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Дані про район і ділянку будівництва	8
1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва	8
1.1.2 Кліматичні умови	8
1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки.....	9
1.2 Генеральний план.....	10
1.2.1 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки	10
1.2.2 Техніко-економічні показники по генплану	11
1.3 Архітектурно-планувальні рішення	13
1.4 Конструктивні рішення	14
1.4.1 Фундамент	14
1.4.2 Стіни і перегородки	14
1.4.3 Перекриття і покриття	14
1.4.4 Сходові марші.....	15
1.4.5 Вікна та двері.....	15
1.5 Опорядження будинку	15
1.6 Енергоефективність	17
1.6.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності	18
1.6.3. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.....	20
1.8 Інженерні мережі і обладнання.....	23
1.9 Доступність для маломобільних груп населення	24
1.10 Висновки за розділом 1	24
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	26
2.1 Дані інженерно-геологічних вишукувань.....	26

2.2 Розрахунок фізико-механічних і деформаційно-міцнісних характеристик ґрунту	28
2.3 Збір навантаження.....	29
2.3.1 Маса цегляної внутрішньої кладки	29
2.3.2 Маса газоблоку внутрішньої кладки.....	30
2.3.3 Маса залізобетонних стін товщиною 500мм.....	30
2.3.4 Маса зовнішньої стіни з врахуванням утеплювача	30
2.3.5 Маса поверху	31
2.3.6 Розрахунок маси паркінгу (1-й підземний поверх)	32
2.3.7 Розрахунок маси паркінгу (2-й підземний поверх)	33
2.3.8 Снігове навантаження.....	33
2.4 Розрахунок монолітно-плитного фундаменту.....	34
2.4.1 Визначення глибини закладання фундаменту.....	34
2.4.2 Визначення розрахункового опору ґрунту.....	37
2.4.3 Розрахунок осідання фундаменту.....	39
2.5 Розрахунок пальових фундаментів.....	42
2.5.1 Вихідні дані	42
2.5.2 Визначають глибину закладання підосви ростверку	42
2.5.3 Вибирають несучий шар ґрунту під нижнім кінцем палі	42
2.5.4 Вибирають тип палі, її довжину та розміри поперечного перерізу ...	42
2.5.5. Визначення розрахункового навантаження на одну палю	43
2.5.6. Визначення попередньої кількості паль у ростверку	45
2.5.7 Конструювання ростверку	45
2.5.8. Визначення фактичного навантаження на палю.....	46
2.5.9. Визначення величин умовної ширини і довжини підосви пальового фундаменту	47
2.5.10 Визначення розрахункового опору ґрунту.....	47
2.5.11 Визначення середнього навантаження на підосву умовного фундаменту	49
2.5.12 Розрахунок осідання пальового фундаменту	50

2.6 Порівняння технічних характеристик плитного та пального фундаментів	53
2.7 Висновки за розділом 2	54
РОЗДІЛ 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55
3.1 Охорона праці.....	55
3.1.1 Техніка безпеки при роботі із механізмами	55
3.1.2 Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів.....	56
3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	57
3.3 Заходи з охорони навколишнього середовища.....	58
Висновки за розділом 3	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
БІБЛІОГРАФІЯ	60

ВСТУП

Забезпечення якісним, комфортним та доступним житлом є ключовим питанням розвитку міст і селищ України, особливо в невеликих населених пунктах, де житловий фонд часто застарілий, а темпи нового будівництва обмежені. Гусятин, маючи туристичний потенціал, потребує оновлення та розширення житлової інфраструктури, що робить будівництво нового житла актуальним.

Історично багатоповерхове житлове будівництво в Україні набуло активного розвитку у другій половині XX століття, особливо в період індустріалізації та масового житлового будівництва. Якщо раніше багатоповерхове будівництво в Україні характеризувалося швидким зведенням типових панельних будинків з обмеженим комфортом та архітектурною виразністю, то нині пріоритетом є індивідуальні проєкти з покращеним плануванням, високою енергоефективністю та застосуванням сучасних матеріалів. Незважаючи на те, що в даному проєкті не передбачено інновацій або енергозберігаючих технологій, вже сама реалізація сучасного багатоповерхового житлового будинку з монолітного бетону є значним кроком уперед для такого населеного пункту.

Робота охоплює ключові етапи проєктування та будівництва, включаючи архітектурне планування, вибір конструктивної системи, підбір матеріалів та рішень згідно з будівельними нормами. Особлива увага приділяється розрахунку та обґрунтуванню вибору типу фундаменту (плитного або пальового) з урахуванням ґрунтових умов, що забезпечує надійність конструкції. Також розглядається технологія основних будівельних процесів для оцінки послідовності та тривалості робіт.

У перспективі реалізація подібного житлового об'єкта не тільки частково вирішить проблему нестачі житла в місті, а й сприятиме формуванню сучасного архітектурного обличчя Гусятина. Завдяки багатоповерховій забудові можливе ефективне використання обмежених міських територій, зменшення навантаження на інженерну інфраструктуру та підвищення щільності забудови без шкоди для комфорту мешканців.

Таким чином, тема даної бакалаврської роботи – будівництво багатоповерхового житлового будинку – є актуальною, затребуваною та цілком виправданою як з технічної, так і з соціально-економічної точки зору. Вона відображає загальну тенденцію розвитку сучасного житлового будівництва в Україні та відповідає реальним потребам населених пунктів, подібних до Гусятин.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Дані про район і ділянку будівництва

1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва

Майданчик для будівництва житлового будинку розташований у межах населеного пункту смт Гусятин, Тернопільської області. Гусятин – адміністративний центр Гусятинської селищної громади, з населенням близько 7 тисяч осіб. Гусятин вирізняється розвиненою інфраструктурою, що сприяє комфортному проживанню населення.

Ділянка під забудову розташована серед малоповерхової житлової забудови, де переважають індивідуальні садибні будинки. Поруч розміщені:

- освітні заклади – загальноосвітня школа, дитячий садок;
- медичні заклади – центральна районна лікарня, аптеки;
- торговельна інфраструктура – магазини, продовольчий ринок;
- заклади харчування – кафе, ресторани;
- культурні та релігійні об’єкти – будинок культури, церква;
- зупинки громадського транспорту, що забезпечують сполучення з іншими частинами селища та найближчими містами.

1.1.2 Кліматичні умови

Проектований житловий будинок відноситься до першої температурної зони. Гусятин, що знаходиться в південно-східній частині Тернопільської області. Територія належить до помірно-континентального кліматичного поясу, який характеризується вираженою сезонністю погоди, відносно м’якою зимою та помірно теплим літом.

Основні кліматичні показники, характерні для Гусятини:

- середньорічна температура повітря: +7,5 °C;
- середня температура найхолоднішого місяця (січня): –5...–6 °C;
- середня температура найтеплішого місяця (липня): +18...+20 °C;

- абсолютний мінімум температури: -30°C ;
- абсолютний максимум температури: $+36^{\circ}\text{C}$.

Гусятин знаходиться у четвертому вітровому районі з характеристичним навантаженням 550 Па (ДБН В.1.2-2:2006) та в четвертій сніговій зоні зі сніговим навантаженням 1400 Па. Переважаючі напрямки вітру: північно-західний та західний. Середня швидкість вітру: 3,0–4,5 м/с. У зимовий період можливі короткочасні пориви до 15–20 м/с, що необхідно враховувати при проектуванні конструкцій і кріплень дахових матеріалів. Зима у регіоні зазвичай помірно холодна, триває близько 3–3,5 місяців (грудень–березень). Сніговий покрив нестійкий, але в окремі роки може триматися протягом 60–80 днів. Середня висота снігового покриву становить 15–25 см.

1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

За результатами інженерно-геологічних вишукувань, проведених за допомогою чотирьох свердловин, на ділянці виявлено такі шари ґрунту: мулистий ґрунт (0,6–0,8 м), пластична глина (4,0–3,5 м), дрібнозернистий пісок (6,8–7,2 м) та глина (без обмежень). Рівень ґрунтових вод зафіксовано на глибині 1,8 м. Інженерно-геологічні вишукування наведені на рисунку 1.1.

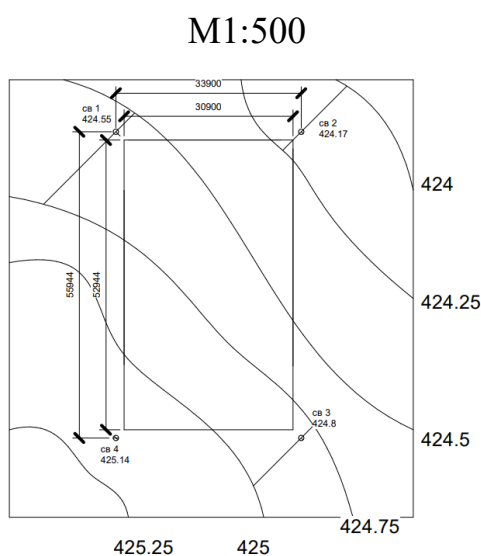


Рисунок 1.1 - Топографічна карта будівельної площадки

Рельєф ділянки має ухил із перепадом висот у 1 м між горизонталями. Територія потребує попереднього очищення (зачистка, викорчування дерев, прибирання сміття). Під'їзні шляхи забезпечують під'їзд будівельної техніки та постачання матеріалів, а відведення води з фундаменту здійснюється за рахунок природного ухилу ділянки, з відведенням води з дороги у кювети.

Ділянка оточена об'єктами міської інфраструктури, що забезпечує зручний доступ до інженерних мереж (водопостачання, каналізація, електропостачання), а також сусідніми будівлями.

1.2 Генеральний план

1.2.1 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

Проектований житловий будинок розташований на відносно рівній земельній ділянці прямокутної форми в смт Гусятин Тернопільської області. Ділянка забезпечена зручним під'їздом з боку вулиці та знаходиться в зоні малоповерхової житлової забудови. Згідно з вимогами державних будівельних норм (ДБН Б.2.2-12:2019), на ділянці передбачено раціональне функціональне зонування території:

При плануванні території ділянки враховано комфорт і функціональність усіх її складових. Основний простір займає житлова зона з розміщенням у центрі одноповерховим будинком. Будівлю орієнтовано з урахуванням інсоляційного режиму – більшість вікон виходять на південь, південний схід та південний захід, що забезпечує ефективне природне освітлення.

Позаду основної будівлі організовано господарську зону. Тут передбачено місце для допоміжних споруд, таких як сарай або навіс, а також компостну яму та майданчик для зберігання твердого палива, якщо буде застосовано твердопаливне опалення.

Окремо передбачено простір для відпочинку мешканців. Ця зона включає альтанку, озеленення, декоративні насадження, а також облаштований дитячий майданчик, що дозволяє комфортно проводити дозвілля на відкритому повітрі.

З боку вулиці розташовано майданчик для паркування легкового транспорту. За необхідності є можливість додатково встановити навіс, що забезпечить захист автомобіля від погодних умов.

Між окремими функціональними зонами прокладені пішохідні доріжки із тротуарної плитки, що забезпечують зручне пересування територією.

Щодо внутрішнього функціонального зонування, будинок спроектовано з урахуванням зручності та компактності. Чітко виділено денну зону (вітальня, кухня), нічну (спальні), санітарну (ванні кімнати) та технічну (котельня, бойлерна або комори), що відповідає сучасним вимогам енергоефективності та комфорту проживання.

Організація рельєфу

Ділянка має природний ухил у межах 1,5–2%, що сприяє самопливному відведенню дощових та талих вод. У проєкті передбачено:

- планувальне вирівнювання території навколо будинку для забезпечення стабільного фундаменту;
- улаштування відмостки навколо будівлі з водонепроникних матеріалів (шириною не менше 800 мм), яка запобігає потраплянню води до основи;
- водовідвід з даху – через систему ринв і труб у дренажні канали або накопичувальні резервуари для повторного використання дощової води (полив);
- зонування території з урахуванням мікрорельєфу – щоб уникнути підтоплень та ерозії ґрунтів.

Озеленення

З метою покращення мікроклімату та естетичного вигляду території передбачено посадку дерев і кущів (яблуна, груша, смородина, туя), облаштування газону, квітників, вертикального озеленення біля фасаду та зони відпочинку.

1.2.2 Техніко-економічні показники по генплану

При розробці планувальної організації прибудинкової території враховано сучасні нормативні вимоги, зручність користування, безпечність руху пішоходів та

транспорту, а також необхідні умови для всіх груп населення, включно з маломобільними особами.

На території ділянки площею 4026 м² передбачено комплекс зон функціонального призначення:

дитячий ігровий майданчик площею 135,8 м² розміщено у віддаленні від проїзної частини та автостоянок, що забезпечує безпечні умови для перебування дітей різного віку. Поверхня має амортизуюче покриття, а простір обладнаний сучасними гірками, гойдалками, каруселями;

- майданчик для відпочинку дорослих загальною площею 77,6 м² облаштований лавками, декоративним озелененням, освітленням та елементами благоустрою для спокійного відпочинку мешканців літнього віку;

- спортивна зона площею 149 м² містить універсальний спортивний майданчик для занять фізичною культурою, розмітку для гри у мініфутбол, волейбол та інші активності;

- господарський майданчик (84 м²) призначений для встановлення господарських споруд і контейнерів для тимчасового зберігання інвентарю та технічного обладнання;

- місце для виходу домашніх тварин площею 58,2 м² облаштовано огороженням, лавками та урнами для збору відходів, із врахуванням шумозахисних і санітарних норм;

- підземний паркінг займає площу 2400 м², що забезпечує достатню кількість машиномісць для мешканців. Враховуючи кількість квартир, паркування спроектовано з урахуванням потреб у постійному зберіганні авто. Також передбачено місця для людей з інвалідністю та гостьові паркомісця відповідно до норм (зокрема 5% – для тимчасового зберігання) ;

- площа забудови становить 1500 м², що складає 37,3% від загальної площі ділянки, що відповідає допустимим межам щільності забудови;

- озеленення території виконується на площі 805,2 м² (~20%), включаючи газони, дерева, кущі та живоплоти, що створюють комфортне середовище, покращують мікроклімат і слугують природним бар'єром від шуму;

- мощення (тротуари, пішохідні доріжки, проїзди) займає 664 м² – це забезпечує зручний доступ до всіх функціональних зон, без перетину пішохідного та транспортного потоків.

Пішохідна інфраструктура включає тротуари шириною від 1,5 до 2,5 метрів, прокладені по всьому периметру будівлі та ведучі до всіх основних майданчиків. Доріжки облаштовані твердим покриттям з бетонної тротуарної плитки, яке забезпечує надійність та довговічність експлуатації. Ширина дозволяє вільно розминутися двом пішоходам, а також забезпечує проїзд дитячих та інвалідних візків.

Особливу увагу приділено безбар'єрності: біля входів до будинку, спортивного та дитячого майданчиків передбачено пандуси з допустимим ухилом, контрастне маркування для орієнтації людей із порушенням зору, а також інформаційні таблички з піктограмами.

Автостоянка розміщена підземно, що дозволяє мінімізувати навантаження на наземну частину ділянки та звільнити місце для рекреаційних зон. У місцях паркування для людей з інвалідністю влаштовано суцільне покриття без бордюрів.

На території реалізовано відкрите зонування без огорожі, що створює візуальну прозорість і сприяє відчуттю безпеки, але водночас дитячий майданчик огорожений, щоб запобігти небажаному доступу з проїзної частини.

1.3 Архітектурно-планувальні рішення

Загальна площа першого поверху складає 1368 м². Проектований об'єкт має дев'ять житлових поверхів та один технічний поверх, який використовується для розміщення інженерного обладнання та обслуговування будівлі.

Загальна висота – 35.5 м, висота поверху – 3,15 м, висота стель – 2,83 м.

Функціональне призначення – житловий будинок з 108 квартирами (31 двокімнатна, 4 трьохкімнатні, решта однокімнатних). Площі квартир: однокімнатні – 48–56,8 м², двокімнатні – 75 м², трьохкімнатні – 77 м².

Об'ємно-планувальні рішення враховують комфорт, безпеку та сучасні вимоги цивільного захисту. Розташування сходів, ліфтів, санвузлів відповідає нормам.

1.4 Конструктивні рішення

Основними несучими конструкціями, що забезпечують міцність та стійкість будинку, є колони, палі та стінові конструкції.

1.4.1 Фундамент

Проектом передбачено використання буронабивних паль типу СК-165.62 з діаметром 600 мм і глибиною занурення 25,4 м. Матеріалом пальового тіла є бетон класу С25, а арматурний каркас виконується із сталі класу А240С

За відносну відмітку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги першою поверху, що відповідає абсолютній відмітці на генплані 234,5 м. Горизонтальна гідроізоляція виконується по обрізу фундаменту всіх стін з шару гідроізолу на бітумній мастиці. Вертикальна гідроізоляція присутня, тому що є присутнє підвальне приміщення.

1.4.2 Стіни і перегородки

Зовнішні стіни з газоблоку товщиною 250 мм утеплені пінопластом 200 мм. Внутрішні стіни між квартирами зроблені з газоблоку товщиною 200 мм. У ролі в'язучого виступають спеціальні клеї виробника. Кожні чотири ряди перегородка армується 2Ø4Вр-І і приєднується до закладних деталей в несучій стіні. Перегородки – з цегли товщиною 120 мм. У ролі в'язучого виступає цементний розчин.

1.4.3 Перекриття і покриття

Переkritтя міжповерхові

Переkritтя виконане з заливних залізобетонних плит із опиранням на несучі колони.

Підлога 1-9 поверхи

- стяжка вирівнююча – 40 мм;
- стяжка М150 – 60 мм;
- залізобетон – 220 мм.

Покриття (дах)

- базальтова крихта – 100 мм;
- геотекстиль 350 г/м³ – 0,8 мм;

XPS 280 – 180 мм;

- профільована геодренажна мембрана – 10 мм;
- гідроізоляція (полімерна мембрана) – 40 мм;
- стяжка 150 армованою сіткою 150х150 – 40 мм;
- ухилоутворювальна стяжка з керамзитобетону – 40 мм;
- залізобетонна плита перекриття – 40 мм.

1.4.4 Сходові марші

Сходи – збірні залізобетонні марші з ухилом 1:1,25. Розмір проступу 280 мм, висота присідця 180мм, ширина сходової клітки 2850мм, ширина маршу 1400мм.

1.4.5 Вікна та двері

Вікна – металопластикові двокамерні склопакети, розміри 1,6х1,2 і 1.2х0.9 м.

Двері – металопластикові зовнішні розмірами 2.1х1,4м, 2.1х0,90 м, внутрішні - дерев'яні розмірами 2,1х1м, 2,1х0,90 м, 2,1х0,75.

1.5 Опорядження будинку

Зовнішнє опорядження.

Архітектурно-естетичне вирішення фасадів будівлі виконано з урахуванням вимог довговічності, енергоефективності та сучасних візуальних тенденцій. Основна система зовнішнього утеплення — застосуванням пінополістирольних

плит товщиною 200 мм, що забезпечують високий опір теплопередачі (відповідно до ДБН В.2.6-31:2021).

Оздоблення фасаду виконується комбіновано. Основні площини пофарбовані в світло-сірий колір з акцентами графітово-темного відтінку по вертикальних вставках, що візуально підкреслює висоту будівлі. Цокольна частина оброблена декоративною штукатуркою з мінеральною крихтою, виконаною в контрастному темно-сірому кольорі, що захищає від пошкоджень, вологи й бруду.

Балкони відкритого типу оздоблені комбіновано: горизонтальні плити – антиковзкий керамограніт, а парапети – скляні з алюмінієвим профілем, що додає легкості та прозорості фасаду. У частині балконів присутні вертикальні металеві декоративні ламелі.

Усі вікна є панорамними, оснащені енергозберігаючими двокамерними склопакетами з дзеркальним напиленням, що забезпечує захист від ультрафіолету, зменшення тепловтрат та додаткову шумоізоляцію. Їх коефіцієнт теплопровідності становить $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а звукоізоляція – 38 дБ. Вікна обладнані жалюзі з зовнішнім керуванням, що дозволяє контролювати освітленість приміщення та уникати перегріву влітку.

Вхідні двері до квартир – металеві протиударні, з MDF-накладками та звукоізоляційним наповнювачем. Балконні двері виконані в панорамному склінні, з двокамерним енергозберігаючим склопакетом. Відчиняються всередину приміщення. Рами – металопластикові, білого кольору, із вбудованими мікропровітрювачами

Внутрішнє опорядження.

Опорядження внутрішніх приміщень реалізується із дотриманням функціонального зонування, санітарно-гігієнічних норм і принципів сучасного дизайну.

У місцях загального користування (вестибюль, коридори, сходові клітки) стіни опоряджуються декоративною штукатуркою з мікротекстурою, що має підвищену зносостійкість. Колористичне рішення виконано у світлих нейтральних

тонах (теплий сірий, кремовий), що сприяє візуальному розширенню простору та не викликає зорової втоми.

Підлога в загальних зонах – зносостійка керамогранітна плитка з антиковзким покриттям.

У квартирах стіни виконуються з гіпсокартонних плит, пофарбованих водоемульсійною фарбою пастельних відтінків (бежевий, світло-пісочний, перловий). Підлога – ламінат 32 класу стирання (дуб натуральний або венге), з додатковим шумопоглинаючим шаром.

Стелі в житлових кімнатах – гіпсова шпаклівка з фарбуванням водоемульсійною фарбою, у санвузлах і кухнях – натяжні з ПВХ-плівки, що забезпечують вологозахист.

Санвузли оздоблюються керамічною плиткою по всій висоті стін; плитка – матова, в світлих тонах із вертикальними декоративними вставками. Підлога – плитка з рельєфною поверхнею.

Ліфтові кабінки оздоблені панелями з ламінації під металевий сірий або "під дерево", підлога – гумове антиковзке покриття, дзеркала – з антивандальним захистом. Освітлення – світлодіодні вбудовані світильники з датчиками руху.

1.6 Енергоефективність

Проектування житлової будівлі виконано з урахуванням чинних вимог з енергозбереження та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Усі прийняті рішення відповідають положенням ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», а також нормативам щодо мінімального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій згідно з кліматичними умовами смт. Гусятин, що відноситься до I температурної зони.

Огорожувальні конструкції

Зовнішні стіни

Зовнішні стіни проєктовані із газоблоків (газобетон) товщиною 250 мм з утепленням пінополістирольними плитами завтовшки 200 мм з зовнішнім

оздобленням штукатурною системою. Така конструкція забезпечує опір теплопередачі.

Покрівля (тераса)

Плоский дах є експлуатованою терасою. Конструкція включає багатошаровий «пиріг»:

базальтова крихта – 100 мм;

геотекстиль 350 г/м³ – 0,8 мм;

XPS 280 – 180 мм;

профільована геодренажна мембрана – 10 мм;

гідроізоляція (полімерна мембрана) – 40 мм;

стяжка М150, армована сіткою 150х150 – 40 мм;

ухилоутворювальна стяжка з керамзитобетону – 40 мм;

залізобетонна плита перекриття – 40 мм.

Підлога над підвалом

Конструкція першого поверху включає утеплювач – 120 мм пінополістирол ПСБ-С 35 з пароізоляцією та бетонною стяжкою.

Вікна

У будинку передбачено панорамні металопластикові вікна з трикамерними енергозберігаючими склопакетами та аргоновим заповненням. Світлопрозорі конструкції мають орієнтовний коефіцієнт опору теплопередачі $R \approx 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що відповідає вимогам до вікон у житлових будинках.

Перекриття між поверхами

Виконані з 220 мм залізобетонної плити, утеплення не передбачено ,бо це внутрішня конструкція.

1.6.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності

З метою досягнення високих показників енергоефективності проєктованої будівлі передбачено впровадження ряду конструктивних, інженерних та організаційних заходів, які знижують тепловтрати, оптимізують витрати енергії та покращують мікроклімат у приміщеннях.

Інженерні заходи

У кожній квартирі передбачено встановлення індивідуальних лічильників тепла Arator Powogaz ULTRAHEAT T230 з можливістю передачі даних в автоматизовану систему обліку. Також встановлено лічильники гарячої та холодної води Elster V200 і електролічильники NIK 2102-02.M2B, що дозволяє мешканцям точно контролювати споживання ресурсів і знижувати витрати.

Опалення квартир регулюється за допомогою термостатичних радіаторних головок Danfoss RA 2994, встановлених на сталевих панельних радіаторах Kermi FKO 22. Таке регулювання дозволяє індивідуально керувати температурою в приміщеннях та оптимізувати витрати теплової енергії.

В усіх місцях загального користування (сходові клітки, вестибюлі) встановлене світлодіодне освітлення Philips CoreLine, обладнане датчиками руху Feron SEN10, що дозволяє зменшити енергоспоживання до 70% у порівнянні з традиційними системами освітлення. У зовнішньому освітленні застосовуються вуличні ліхтарі з сонячними панелями Varto Solar Street Light.

Архітектурні рішення

Орієнтація будівлі за сторонами світу виконана з урахуванням інсоляції: більшість панорамних вікон та основних житлових приміщень орієнтовані на південь та південний схід. Це дозволяє максимально використовувати сонячну енергію в холодну пору року та забезпечує природне освітлення вдень, зменшуючи потребу в штучному. Для зменшення перегрівання приміщень у літній період використовуються зовнішні горизонтальні жалюзі Anwis Z90, які регулюються вручну або автоматично, з можливістю встановлення на фасадах з найбільшою інсоляцією.

У складі тераси на даху застосовано ефективний утеплювач – XPS Technonikol Carbon Eco 180 мм, який має низьку теплопровідність ($\lambda = 0,031$ Вт/м·К) і забезпечує опір теплопередачі покрівлі $R \approx 5,1$ м²·К/Вт, що значно перевищує нормативні вимоги.

Матеріали та будівельні рішення

Всі зовнішні стіни утеплені пінополістирольними плитами Caparol Dalmatiner EPS товщиною 200 мм з декоративним оздобленням, що забезпечує опір теплопередачі $R \approx 3,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Таким чином, стіни відповідають і перевищують мінімально допустимі теплотехнічні характеристики.

Вікна виконані на основі профільної системи Rehau Euro-Design 70 з двокамерними енергозберігаючими склопакетами ClimaGuard Solar із аргоном та теплороздільною рамкою. Такі склопакети мають низький коефіцієнт теплопередачі $U \approx 0,9 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ та високий рівень світлопропускання.

1.6.3. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій

Визначимо термічний опір фрагменту конструкції згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022.

Опис конструкції. Загальна товщина конструкції складає 0.490 м.

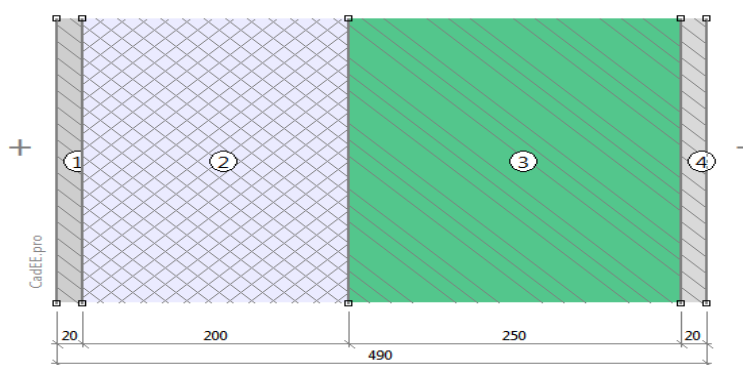
Кількість шарів конструкції - 4.

Шар №1 Розчин цементно-піщаний та товщиною 0.020 м.

Шар №2 Спінений пінополістирол з густиною $15 \text{ кг}/\text{м}^3$ та товщиною 0.200 м.

Шар №3 Газо- та пінозоблобетон з густиною $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ та товщиною 0.250 м.

Шар №4 Розчин вапняно-піщаний та товщиною 0.020 м



1 – зовнішня штукатурка. 2 - утеплювач. 3 – газоблок. 4 – внутрішня штукатурка.

Рисунок 1.2 - Розрахункова схема зовнішньої стіни

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 . Призначення будівлі - багатоквартирний будинок, для якої згідно з т.Б.2 ДБН В.2.6-31:2021 розрахункові значення температури і вологості приміщень $\theta_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\phi_{int} = 55\%$ відповідно. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з т.Б.1 ДБН В.2.6-31:2021 - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з т.Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначаємо згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022

Таблиця 1.1 - Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина,	Теплопровідність λ ,
		(м)	Вт/(м ² К)
1	Розчин цементно-піщаний	0.02	0.93
2	Спінений пінополістирол $\rho=15$ кг/м ³	0.2	0.05
3	Газо- та пінозобетон $\rho=1000$ кг/м ³	0.25	0.5
4	Розчин вапняно-піщаний	0.02	0.81

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б ДСТУ 9191:2022. Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 ДСТУ 9191:2022:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{1}{h_{se}}, \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.1)$$

$$R_s = \frac{1}{8.7} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.2}{0.05} + \frac{0.25}{0.5} + \frac{0.02}{0.81} + \frac{1}{23} = 4.705 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

Загальна площа огорожувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів та площа термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів дорівнюють відповідно:

$$A_{\Sigma}=1\text{м}^2, A_1=1\text{м}^2$$

На фрагменті, що розглядається, відсутні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції.

Визначаємо приведений опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 1 ДСТУ 9191:2022

$$A_{\Sigma\text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\frac{A_1}{R_s}} = \frac{1}{\frac{1}{4.705}} = 4.705 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.2)$$

Визначимо мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі згідно з ДБН В.2.6-31:2021. Температурна зона згідно з додатком А ДБН В.2.6-31:2021 - І (м. Гусятин). Допустиме значення опору теплопередачі визначаємо з таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2021 (як для типу конструкції - стіна, та типу будівлі - багатоквартирний будинок):

$$R_{q.\text{min}} = 4 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

Оскільки:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = 4.7 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} > R_{q.\text{min}} = 4 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

то умова (4) ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

1.8 Інженерні мережі і обладнання

У будинку передбачено введення холодної води з міського трубопроводу. Для транспортування для транспортування води використовуються поліетиленові (ПЕ) або поліпропіленові (ПП) труби, що відзначаються високою корозійною стійкістю, тривалим терміном експлуатації (до 50 років) та легкістю монтажу за допомогою термозварювання або фітінгів.

Каналізація - господарсько-побутова в міську мережу. Внутрішня каналізаційна система складається з каналізаційних стояків і горизонтальних трубопроводів, що об'єднують сантехнічні прилади та відводять стоки за межі будівлі. Труби зазвичай виготовляються з полімерних матеріалів (ПВХ, ПП) діаметром 50–110 мм.

Вентиляція - природна: забезпечується через канали в кухні, санвузлах і ванній кімнаті. Відбувається за рахунок різниці температур і тиску між приміщенням і вулицею. Вентиляційні шахти викладаються з керамічної цегли або використовуються пластикові повітроводи.

Механічна вентиляція: встановлюється у вигляді витяжних вентиляторів у ванній, туалеті, кухні. Може доповнюватись припливними клапанами на вікнах або в стінах. Керується автоматично або вручну (вимикачами).

Гаряче водопостачання - система гарячого водопостачання забезпечується автономно за допомогою водонагрівача: Електричний бойлер: складається з бака з теплоізоляцією, ТЕНу (нагрівального елемента), термостата та системи захисту від перегріву. Об'єм – від 50 до 100 л для сім'ї з 3–4 осіб.

Електропостачання - житловий будинок підключається до зовнішньої електромережі через лічильник і ввідний автомат. Вся система відповідає нормам ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). Напруга становить 220 В (однофазна система). Освітлення забезпечується LED лампами.

1.9 Доступність для маломобільних груп населення

З метою забезпечення доступності та комфорту для всіх користувачів мого курсового проекту, було приділено особливу увагу розробці безбар'єрних рішень. У цьому доповненні до записки хочу надати детальніше інформацію про заходи, що були вжиті для створення сприятливого середовища.

Пандуси з відповідним ухилом: В проєкті передбачено наявність пандусів з відповідним ухилом (не більше 8%), які сприяють зручному пересуванню людей з обмеженими можливостями.

Передбачене контрастне маркування та тактильні смуги для полегшення орієнтації осіб із порушенням зору.

Двері в проєкті обладнані сенсорною системою, що дозволяє легко відчиняти їх, особам з обмеженими фізичними можливостями. Для забезпечення комфортного та безпечного середовища передбачено встановлення теплової завіси та тихого вентилятора, який подає тепле повітря. Негайне спрацювання та відсутність неочікуваного шуму є важливими аспектами для осіб з аутизмом чи порушенням зору.

Для захисту від опадів та забезпечення комфортного перебування на вході, передбачено наявність дашку. У проєкті передбачено наявність поручнів на сходах, які допомагають людям з обмеженими можливостями зручно та безпечно пересуватися в приміщенні. Також передбачено наявність ліфту, який дозволяє зручно та безпечно пересуватися в будівлі.

1.10 Висновки за розділом 1

Було проведено характеристику земельної ділянки, визначено кліматичні умови регіону, що суттєво впливають на архітектурно-будівельні рішення. Зокрема, встановлено, що територія належить до першої температурної зони з помірно-континентальним кліматом, що потребує відповідного теплоізоляційного захисту огорожувальних конструкцій.

Визначено умови природного освітлення та інсоляції, що були враховані при виборі орієнтації будинку та розміщенні віконних прорізів. Також розглянуто принципи організації безбар'єрного середовища та благоустрою території для забезпечення комфортного проживання всіх категорій населення, включаючи маломобільні групи.

У частині енергоефективності надано теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни та обґрунтовано вибір конструкцій і матеріалів відповідно до вимог ДБН щодо енергозбереження. Запропоновані рішення спрямовані на забезпечення раціонального використання енергоресурсів, зниження тепловтрат і досягнення сучасного рівня комфорту в будинку.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

У цьому розділі обґрунтовано вибір конструктивного рішення фундаменту для проєктованої багатоповерхової будівлі, реалізація якої передбачається в смт Гусятин. З урахуванням складних інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, значного навантаження від споруди та необхідності передачі зусиль на глибше розташовані несучі шари ґрунтів, для будівлі прийнято пальовий фундамент.

У розділі виконано аналіз геологічної ситуації ділянки, збір навантажень, розрахунок несучої здатності паль, визначення кількості паль, розміщення у ростверку, розрахунок осідання фундаменту та підбір основних геометричних параметрів конструкцій.

2.1 Дані інженерно-геологічних вишукувань

Інженерні роботи є важливою і не від'ємною частиною будівництва і передують проєктуванню і виконанню робіт по встановленню основи і фундаменту.

Основи і фундаменти проєктуються з врахуванням природних та інших особливостей свого району, території будівництва і окремих будівельних майданчиків. Матеріали і дані, які потрібні для проєктування, отримуємо з інженерно-геологічних вишукувань. В таблиці 2.1 подані характеристики ґрунтів будівельного майданчика. Детальний аналіз ґрунтових умов дозволяє оптимально підібрати тип фундаменту, уникнути зайвих витрат на його посилення та мінімізувати ризики виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації об'єкта

Таблиця 2.1 - Характеристики ґрунтів основи

Найменування ґрунту і рівень	Потужність шару, м	γ_n , кН/м ³	γ_2 , кН/м ³	Вологість			Характеристики міцності		Коеф. Пуансона	ρ , кПа / S, м
				W	W _L	W _P	φ_n , град	$C_n, кПа$		
Мулистий ґрун	1,6–2,0	15,6		0,13						
Глина пластична	4,0–3,5	17,2	26,5	0,32	0,48	0,24	15	8	0,42	100, 200, 300, 400 / 0,0174, 0,0290
Пісок дрібнозернистий	6,8–7,2	19,8	25,5	0,18					0,25	
Глина	4,8–5,4	20,4	27,8	0,24		0,44	0,15		0,4	
Рівень ґрунтових вод – 1,8 м										

Інженерно-геологічний розріз ділянки

На основі отриманих даних було побудовано інженерно-геологічний розріз ділянки.. Кожен шар ґрунту на розрізі позначено відповідно до його літологічного складу, фізико-механічних властивостей та віку, що дозволяє інженерам приймати обґрунтовані рішення щодо фундаментів, дренажних систем та інших інженерних заходів. Він також допомагає виявити наявність підземних вод, їхній рівень та напрямок фільтрації, що є критично важливим для розробки заходів із захисту будівель від підтоплення. Завдяки візуалізації геологічної структури, розріз дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з несприятливими геологічними умовами, забезпечуючи надійність та довговічність будівельних об'єктів на ділянці. Розріз представлено на рисунку 2.1.

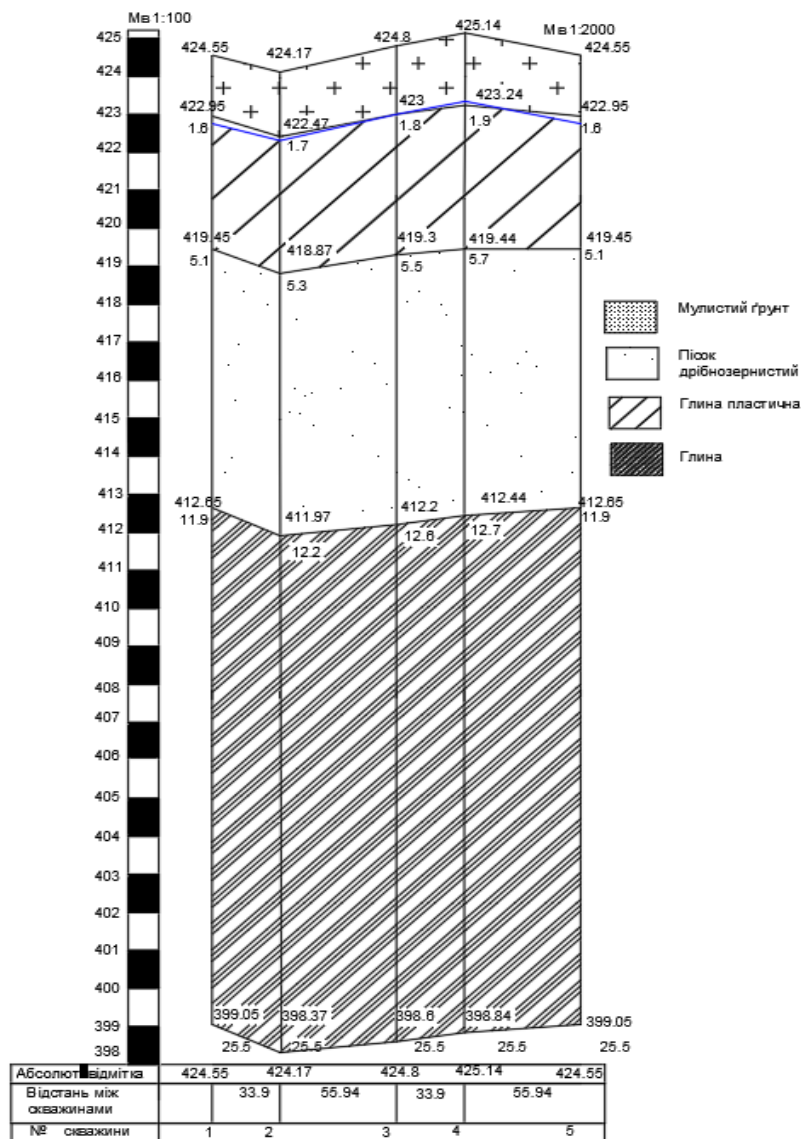


Рисунок 2.1 – Геологічний розріз ґрунтів

2.2 Розрахунок фізико-механічних і деформаційно-міцнісних характеристик ґрунту

Для оцінки можливості використання ґрунтів як основи під фундаменти визначено їх основні фізико-механічні властивості. Ці параметри необхідні для подальших інженерних розрахунків несучої здатності та осідання.

У таблиці 2.2 наведено фізико-механічні характеристики ґрунтів, отримані за результатами інженерно-геологічних вишукувань.

Таблиця 2.2 - Характеристики ґрунтів основи

№ інженерно- геологічного елемента	ІГЕ1	ІГЕ2	ІГЕ3	ІГЕ4
Назва елемента	Мулистий ґрунт й ґрунт	Глина пластична	Пісок дрібнозернистий	Глина
Потужність шару ґрунту, м	1,6-2,0	4,0-3,5	6,8-7,2	4,8-5,4
Питома вага ґрунту, γ_n кН/м ³	15.6	17.2	19.8	20.4
Питома вага частинок, γ_s кН/м ³	0	26.5	25.5	27.8
Питома вага сухого ґрунту, γ_d кН/м ²	13.80530973	13.03030303	16.77966102	16.4516129
Природна вологість, w	0.13	0.32	0.18	0.24
Вологість на границі пластичності, w_p	-	0.24	-	0.15
Вологість на границі текучості, w_l	-	0.48	-	0.44
Число пластичності, I_p	-	0.24	-	0.29
Показник текучості I_L	-	0.33333333	-	0.310344828
Коефіцієнт пористості, e	-1	1.033721	0.519697	0.689804
Ступінь вологості, S_r	-	0.5395	0.6948	0.7191
Питома вага ґрунту насиченого водою, γ_{sat}	-	18.017	20.134	20.456
Кут внутрішнього тертя, ϕ_n , градуси	-	15	36.8	17.7
Питомезчеплення	-	8	4.8	54.9
Модуль деформації в природному стані E, Па	-	9.6	48	20.1
Умовний розрахунковий опір, R_0 кПа	-	215.9	300	370.4
Модуль деформації в польовому стані, МПа	-	3.54	-	-

2.3 Збір навантаження

2.3.1 Маса цегляної внутрішньої кладки

$\Sigma V = V_1 + V_2 + \dots = 1.1 + 0.6 + 0.2 + 0.8 + 0.8 + 0.4 + 0.3 + 0.8 + 0.1 + 0.8 + 1.1 + 1.21 + 1.2 + 0.6 + 0.7 + 1.2 + 1.11 + 1.2 + 0.7 + 1.1 + 0.7 + 0.9 + 1.2 + 0.7 + 1.1 + 0.9 + 0.7 + 1 + 1.2 + 0.7 + 0.3 + 0.71 + 0.4 + 0.6 + 0.4 + 0.5 + 0.2 + 0.5 + 1.3 + 0.4 + 0.6 + 0.4 + 1.1 + 0.6 + 0.2 + 0.8 + 0.8 + 0.4 + 0.3 + 0.8 + 0.1 + 0.8 + 1.1 + 1.21 + 1.2 + 0.6 + 0.7 + 1.2 + 1.11 + 1.2 + 0.7 + 1.1 + 0.7 + 0.9 + 1.2 + 0.7 + 1.1 + 0.9 + 0.7 + 1 + 1.2 + 0.7 + 0.3 + 0.71 + 0.4 + 0.6 + 0.4 + 0.5 + 0.2 + 0.5 + 1.3 + 0.4 + 0.6 + 0.4 = 68.8 \text{ м}^3$.

Маса цегляної кладки визначається за формулою:

$$m = \frac{V \cdot \rho}{1000} \quad (2.1)$$

де m – маса кладки, т;

V – об'єм кладки, м^3 ;

ρ – середня густина матеріалу кладки, $\text{кг}/\text{м}^3$;

1000 – коефіцієнт переведення в тонни.

Після підстановки отримаємо:

$$m_1 = \frac{68.8 \text{ м}^3 \cdot 1800 \text{ кг}/\text{м}^3}{1000} = 123.84 \text{ т}$$

2.3.2 Маса газоблоку внутрішньої кладки

$$\begin{aligned} \Sigma V = V_1 + V_2 + \dots = & 3.3 + 4.9 + 0.8 + 1.5 + 4.9 + 0.62 + 0.5 + 4.72 + 3.3 + 4.72 + 3.3 + 4.72 + 3.3 + 4. \\ & .72 + 2.9 + 6.1 + 6.1 + 5.512 + 2.4 + 1.9 + 3.63 + 3.3 + 4.9 + 0.8 + 1.5 + 4.9 + 0.62 + 0.5 + 4.72 + 3.3 + 4.72 \\ & + 3.3 + 4.72 + 3.3 + 4.72 + 2.9 + 6.1 + 6.1 + 5.512 + 2.4 + 1.9 + 3.63 = 215.4 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Підставивши у формулу 2.1 отримаємо :

$$m_2 = \frac{215.4 \text{ м}^3 \cdot 600 \text{ кг}/\text{м}^3}{1000} = 129.94 \text{ т}$$

2.3.3 Маса залізобетонних стін товщиною 500мм

$$\begin{aligned} \Sigma V = V_1 + V_2 + \dots = & 11.8 + 7 + 11.8 + 4.6 + 6.5 + 4.2 + 4.2 + 4.2 + 4.24 + 6.5 + 4.2 + 4.2 + 4.2 + 4.2 + \\ & 4 + 13 + 11 + 3 + 6 = 122.8 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Підставивши у формулу 2.1 отримаємо :

$$m_3 = \frac{122.8 \text{ м}^3 \cdot 2400 \text{ кг}/\text{м}^3}{1000} = 294.72 \text{ т}$$

2.3.4 Маса зовнішньої стіни з врахуванням утеплювача

$$\begin{aligned} \Sigma V = V_1 + V_2 + \dots = & 3.2 + 2.2 + 0.9 + 1.2 + 1.9 + 0.3 + 0.3 + 1.5 + 2.61 + 1.8 + 2.8 + 7.2 + 3.2 + 2.2 + \\ & 0.9 + 1.2 + 1.9 + 0.3 + 0.3 + 1.5 + 2.61 + 1.8 + 2.8 + 7.2 = 71.8 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Підставивши у формулу 2.1 отримаємо :

$$m_4 = \frac{71.8 \text{ м}^3 \cdot 0.424 \text{ кг}/\text{м}^3}{1000} = 30.44 \text{ т}$$

2.3.5 Маса поверху

Розрахунок маси конструкцій 1-го поверху (колон, стін, перекриттів, сходів, вікон і дверей) виконаний у табличній формі за даними об'ємів і густини матеріалів.

Зведені результати подано в таблиці 2.3-2.7.

Таблиця 2.3 - Розрахунок маси підлоги 1-го поверху

Параметр/ Матеріал	M150 (40мм)	Стяжка (60мм)	Залізобетон (220мм)
Об'єм на 1 м ² (м ³)	0.04	0.06	0.22
Маса на 1 м ² (т/м ²)	0.088	0.132	0.528
Загальна маса на 1400 м ² (т)	123.2	184.8	739.2
Всього (т)	1047.2		

Таблиця 2.4 - Розрахунок маси людей і меблів 1-го поверху

Люди	36	Меблі
Загальна маса на 1400 м ² (т)	2.16	4.8

Таблиця 2.5 - Розрахунок маси дверей 1-го поверху

Двері	
Площа дверей № 1 (м ²)	2.1
Площа дверей № 2 (м ²)	1.47
Площа дверей № 3 (м ²)	3.78
Об'єм дверей № 1 (м ³)	0.105
Об'єм дверей №2 (м ³)	0.0588
Об'єм дверей №3 (м ³)	0.3024
Маса дверей №1 (т)	1.029
Маса дверей №2(т)	0.7056
Маса дверей №3(т)	0.48384
	2.21844

Таблиця 2.6 - Розрахунок маси сходів 1-го поверху

Сходи	
Маса сходів(т)	5.2

Таблиця 2.7 - Розрахунок маси колон 1-го поверху

Колони	
Площа колони №1 (м ²)	0.72
Площа колони №2 (м ²)	0.32
Площа колони №3 (м ²)	1.05
Об'єм колони №1(м ³)	2.664
Об'єм колони №2(м ³)	1.184
Об'єм колони №3(м ³)	3.885
Маса колони №1(т)	191.808
Маса колони №2(т)	22.7328
Маса колони №3(т)	18.648
Всього	233.1888

Маса конструкцій одного типового поверху визначається як сума мас основних елементів (стіни, перекриття, перегородки тощо):

$$\sum m = m_1 + m_2 + \dots = 1870 \text{ т} \quad (2.2)$$

де $\sum m$ – маса одного поверху, т;

$m_1, m_2, m_3, \dots$ – маси окремих елементів поверху, т.

Маса всіх поверхів будівлі:

$$m_{10\text{-поверхів}} = 10 \cdot 1870 \text{ т} = 18\,700 \text{ т}$$

2.3.6 Розрахунок маси паркінгу (1-й підземний поверх)

Маса підземного поверху, де розміщена автостоянка, включає:

масу сходів: $m_{\text{сходи}} = 5.2 \text{ т}$;

масу трампліна: $m_{\text{трамплін}} = 47.5 \text{ т}$;

масу припаркованих авто (орієнтовно 50 авто по 1,5 т): $m_{\text{авто}} = 75 \text{ т}$;

масу перекриттів, колон, стін тощо згідно з таблицею 2.8-2.9

Таблиця 2.8 - Розрахунок маси паркінгу

Парковка 1 поверх	S(м ²)	V(м ³)	m(т)
Колони 1	0.72	2.664	191.808
Колони 2	0.32	1.184	22.7328
Колони 3	1.05	3.885	18.648
Всього			233.1888

Таблиця 2.9 - Розрахунок маси паркінгу

Залізобетон (220м)тони	Стіна	Гідроізоляція	Утеплення	Залізобетон
0.22		2.8	49.5	280
0.528		4.2	0.7425	700
739.2				

Загальна маса першого підземного паркінгу:

$$m_{\text{паркінг 1}} = 1805,03 \text{ т}$$

2.3.7 Розрахунок маси паркінгу (2-й підземний поверх)

Оскільки конструктивно другий підземний паркінг є аналогічним першому, маса приймається рівною:

$$m_{\text{паркінг 2}} = 1805.03 \text{ т.}$$

2.3.8 Снігове навантаження

Снігове навантаження на горизонтальну проєкцію даху визначається за формулою:

$$S = \mu \cdot S_0 \quad (2.3)$$

де S – розрахункове снігове навантаження, кПа;

μ – коефіцієнт форми даху (для плоского даху приймається $\mu = 1,0$);

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження на ґрунті для IV снігового району, кПа (згідно ДБН В.1.2-2:2006, для смт. Гусятин $S_0 = 1,5$ кПа).

Підставляючи значення: $S=1,5 \cdot 1=1,5 \text{ кПа}$

Загальне вертикальне навантаження на площу покриття визначається як:

$$F = S \cdot A \quad (2.4)$$

де F – загальне навантаження від снігу на дах, кН;

A – площа даху, м^2 (у моєму випадку $A=1400 \text{ м}^2$).

Підставимо:

$$F=1,5 \text{ кПа} \cdot 1400 \text{ м}^2=2100 \text{ кН}$$

або у масових одиницях:

$$\frac{2100 \text{ кН}}{9.81 \text{ м/с}^2}=214 \text{ т}$$

Отже, розрахункове снігове навантаження на дах становить приблизно 210 - 214 т.

Загальна маса будівлі становить:

$$m_{\text{буд.}} = m_{10\text{-поверхів}} + m_{\text{паркінг 1}} + m_{\text{паркінг 2}} + F = 22\,524 \text{ т} \quad (2.5)$$

В еквіваленті навантаження:

$$F_{\text{буд.}} = 22\,524 \text{ т} \cdot 10 \text{ кН/т} = 225\,240 \text{ кН}$$

2.4 Розрахунок монолітно-плитного фундаменту

2.4.1 Визначення глибини закладання фундаменту

Глибина закладання фундаментів повинна прийматись з урахуванням:

- залежно від функціонального призначення та конструктивної схеми запроєктованої споруди, а також урахуванням діючих навантажень та зовнішніх впливів на фундаменти;
- беручи до уваги глибину залягання фундаментів сусідніх будівель і розташування інженерних мереж;

- існуючого рельєфу місцевості та змін, що відбуваються внаслідок інженерної підготовки будівельного майданчика;
- відповідно до геологічної будови ґрунтів на ділянці та результатів геологорозвідувальних робіт;
- з огляду на умови підземних вод і можливі зміни їх рівня під час будівництва та подальшої експлуатації об'єкта;
- враховуючи нормативну глибину промерзання ґрунтів у даному регіоні.

Нормативну глибину сезонного промерзання ґрунту визначають як середню з щорічних максимальних глибин промерзання (за даними спостережень за період не менше 10 років) на відкритій, без снігового покриву та доступній для вітру горизонтальній поверхні майданчика, за умови, що рівень підземних вод розташований нижче глибини сезонного промерзання ґрунтів.

При використанні результатів спостережень за фактичною глибиною промерзання слід урахувувати, що вона повинна визначатись за температурою, що характеризує (згідно з ДСТУ Б В.2.1-2-96) перехід пластично мерзлого ґрунту у твердо мерзлий.

Визначаємо нормативну глибину промерзання за формулою :

$$d_{fn}=d_0\cdot\sqrt{Mt}, \text{ м} \quad (2.6)$$

d_{fn} - нормативна глибина промерзання;

d_0 - величина, яка приймається для пісків $d_0 = 0,28$;

Mt – безрозмірний коефіцієнт, що чисельно дорівнює сумі абсолютних значень середньомісячних негативних температур за зиму в даному районі.

$$M_t = (-5) + (-3,7) + (-3,1) = -11,8$$

$$d_{fn} = 0.28 \cdot \sqrt{11.8} = 0.96 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахункову величину промерзання за формулою:

$$d_f = d_{fn} \cdot k_h, \text{ м} \quad (2.7)$$

d_f - розрахункову величину промерзання;

d_{fn} - нормативну глибину промерзання;

k_h - коефіцієнт, що враховує вплив теплового режиму споруди, приймають: для зовнішніх фундаментів опалюваних будівель - за таблицею Г.1 ДБН В.2.1-10:2009.

$$d_f = 0.96 \cdot 0.6 = 0.576 \text{ м.}$$

Відмітку підшови фундаменту призначаємо не менше 0,2 м нижче розрахункової глибини промерзання:

$$d_1 = d_f + 0.2 = 0.576 + 0.2 = 0.776 \text{ м.}$$

За геологічними умовами:

$$d_2 = d_n + 0.4 = 0.96 + 0.4 = 1.36 \text{ м.}$$

З конструктивних міркувань глибину закладання підшови фундаменту d визначаємо за формулою:

$$d = 4.1 + 3.1 + 1.8 = 9.1 \text{ м.}$$

Остаточню приймаємо глибину закладання фундаменту 9,1 м, що забезпечує як морозостійкість, так і відповідність конструктивним вимогам. Схему розташування фундаменту в ґрунтових шарах наведено на рисунку 2.2.

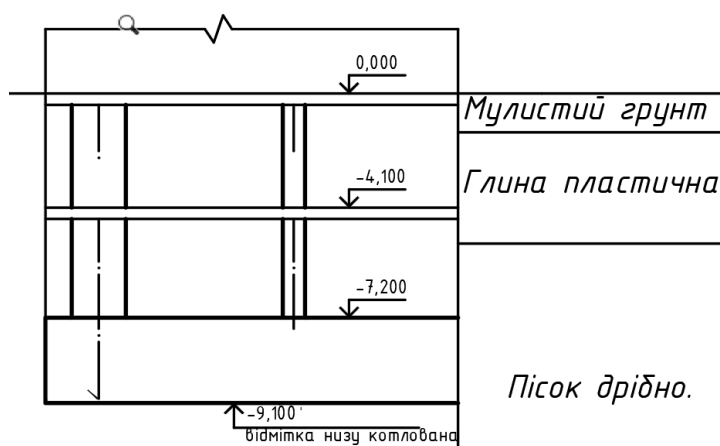


Рисунок 2.2 – Схема розміщення фундаменту у ґрунті

2.4.2 Визначення розрахункового опору ґрунту

Розрахунковий опір для шару ґрунту, розташованого під підшвою фундаменту визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot [M_y \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_b \cdot \gamma_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma_{II} + M_c \cdot C_{II}] \quad (2.8)$$

де γ_{c1} і γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи табл. Е.7 ДБН В.2.1-10:2009.;

За табличними даними отримаємо відповідно $\gamma_{c1}=1,2$; $\gamma_{c2}=1,3$.

k – коефіцієнт, що приймають 1, якщо міцність характеристики ґрунту визначені безпосередньо з випробувань, і 1,1 якщо вони прийняті з таблиці.

Коефіцієнт k приймаємо рівним 1,1.

M_y, M_q, M_c – коефіцієнти, які вибираються залежно від величини кута внутрішнього тертя шару ґрунту;

За табличними даними отримуємо значення:

$M_y=1.92$; $M_q=8.7$; $M_c=9.94$, відповідно.

b – ширина фундаментної подушки, $b=30,6$ м;

d_b – глибина підвалу;

C_{II} – питоме зчеплення ґрунту;

k_z - коефіцієнт впливу площі фундаменту.

Для фундаментів шириною

$b \geq 10$ м - $k_z = z_0/b + 0,2$ (тут $z_0 = 8$ м). $k_z=30.68/0.2=0.261+0.2=0.461$.

γ_{II} – середнє розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту:

$$\gamma_{II} = \frac{(19.8 \cdot 3.25) + (20.4 \cdot 5)}{5 + 3.25} = 20.16 \text{ кН/м}^3$$

γ'_{II} - усереднене значення питомої ваги ґрунту, розташованої вище підшви умовного пальового фундаменту, і визначається за формулою:

$$\gamma'_{II} = \frac{(15.6 \cdot 1.75) + (17.2 \cdot 3.65) + (19.8 \cdot 3.7)}{1.75 + 3.65 + 3.7} = 17.94 \text{ кН/м}^3$$

C_{II} - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під подошвою фундаменту, кПа;

$$C_{II} = 4.8 \text{ кПа.}$$

d_1 - глибина закладання фундаментів безпідвальних споруд від рівня планування або приведена глибина закладання зовнішніх і внутрішніх фундаментів від підлоги підвалу, яку визначають за формулою:

$$d_1 = \frac{h_s + h_{cf} \cdot \gamma_{cf}}{\gamma_{11}} \quad (2.9)$$

де h_s - товщина шару ґрунту вище подошви фундаменту з боку підвалу, м;

h_{cf} - товщина конструкції підлоги підвалу, м;

γ_{cf} - розрахункове значення питомої ваги конструкції підлоги підвалу, кН/м³;

d_b - глибина підвалу - відстань від рівня планування до підлоги підвалу, м (для споруд з підвалом глибиною понад 2 м приймають $d_b = 2$ м).

Підставляючи числові значення:

$$d_1 = \frac{(5+2) + (0.32+1.9) \cdot 25.5}{17.94} = 10.15 \text{ м.}$$

Розрахунковий опір ґрунту:

$$R = \frac{1.2 \cdot 1.3}{1.1} \cdot [1.92 \cdot 0.461 \cdot 30.6 \cdot 20.16 + 8.7 \cdot 10.15 \cdot 17.94 + (8.7 - 1) \cdot 2 \cdot 17.94 + 9.94 \cdot 4.8] = 3480.5 \text{ кПа.}$$

Перевірка допустимого тиску на ґрунт:

$$P = \frac{\Sigma N}{l \cdot b} = \frac{225 \ 240}{30.6 \cdot 48} = 153.34 \text{ кПа.} \quad (2.10)$$

Знаходимо недонапруження під подошвою фундаменту

$$\frac{(R-P)}{R} = \frac{(3480.5 - 153.34)}{3480.5} \cdot 100\% = 0.95 \cdot 100\% = 95.59\%. \quad (2.11)$$

Отже, умова міцності виконана:

$$P=153.34\text{кПа} \leq R=3480.5\text{кПа}.$$

2.4.3 Розрахунок осідання фундаменту

Розрахунок осідання виконується методом поділу основи на елементарні шари.

Для кожного шару визначається тиск на його підшві та покрівлі, а також додаткові напруження від навантаження фундаменту.

Товщину елементарного шару визначаємо за формулою:

$$h_1=0,2 \cdot b=0.2 \cdot 30.6\text{м}=6.12\text{м}. \quad (2.12)$$

де h_1 – товщина елементарного шару, м;

b – ширина фундаменту, м.

Визначаємо навантаження від власної ваги ґрунту характерних точок

1. На підшві першого шару

$$\sigma_{zq0} = \gamma \cdot h = 15.6 \cdot 1.8 = 28.08\text{кПа}. \quad (2.13)$$

2. На підшві другого шару

$$\sigma_{zq1} = \sigma_{zq0} + \gamma_2 \cdot h_2 = 15.6 \cdot 1.8 + 17.2 \cdot 3.75 = 62.58\text{кПа}. \quad (2.14)$$

3. На підшві фундаменту

$$\sigma_{zq2} = \sigma_{zq1} + \gamma_3 \cdot h_3 = 62.58 + 19.8 \cdot 3.55 = 71.14\text{кПа}. \quad (2.15)$$

4. На підшві третього шару

$$\sigma_{zq3} = \sigma_{zq2} + \gamma_3 \cdot h_3 = 162.87 + 19.8 \cdot 3.45 = 231.18\text{кПа}. \quad (2.16)$$

5. На підшві четвертого шару

$$\sigma_{zq4} = \sigma_{zq3} + \gamma_4 \cdot h_4 = 231.18 + 20.4 \cdot 14 = 516.78 \text{ кПа.} \quad (2.17)$$

Визначення додаткового тиску на основу

$$P_0 = P - \sigma_{zq2} = 153.34 \text{ кПа} - 71.14 \text{ кПа} = 82.2 \text{ кПа.} \quad (2.18)$$

де P_0 – додатковий тиск від навантаження фундаменту, кПа;

P – тиск під підшвою фундаменту, кПа.

Визначення додаткового напруження на підшві і покрівлі елементарних шарів і осідання кожного елементарного шару приведені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку додаткового напруження та осідань елементарних шарів

№	Глибина товщини ґрунту від підшви z	Відносна глибина $2z/b$	α	Напруження від власної ваги $z_{q,0}$	Дод. напруження на глибині $\alpha z_p = \alpha \cdot P_0$
0	0	0	1	162.87	82.2
1	3.45	0.225490196	0.985	231.18	80.967
2	9.57	0.625490196	0.908		74.6376
3	15.69	1.025490196	0.766		62.9652
4	17.45	1.140522876	0.736	516.78	60.4992

Згідно з критерієм:

$$\sigma_{zq} \leq 0.2 \cdot \sigma_{zg}. \quad (2.19)$$

де σ_{zq} – додаткове напруження на покрівлі шару, кПа;

σ_{zg} – власна вага шару ґрунту, кПа.

На четвертому елементарному шарі:

$$60.48 \text{ кПа} \leq 0.2 \cdot 516.78 = 103.35 \text{ кПа}$$

Отже, умова виконується, тому розрахунок осідань припиняється на четвертому елементарному шарі.

Розрахунки осідань представлені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Осідання елементарних шарів

№	$\sigma_{zp} \text{ В}$ (кПа)	$\sigma_{zp} \text{ Н}$ (кПа)	$\sigma_{zp} \text{ І}$ (кПа)	E_i (кПа)	h_i (см)	Осідання i -го шару S_i (см)
1	82.2	80.967	1.233	48000	345	0.00708975
2	80.967	74.6376	6.3294	20100	612	0.154172848
3	74.6376	62.9652	11.6724	20100	612	0.284318758
4	62.9652	60.49	2.4752	20100	176	0.017338714

На основі розрахунку отримане повне осідання становить $S_{\max} = 2,8$ см

Оскільки: $S_{\max} = 2,8 \text{ см} \leq S_{\text{доп}} = 12 \text{ см}$ то умова допустимого осідання виконана. Схематичне зображення осідання елементарних шарів показано на рисунку 2.3.

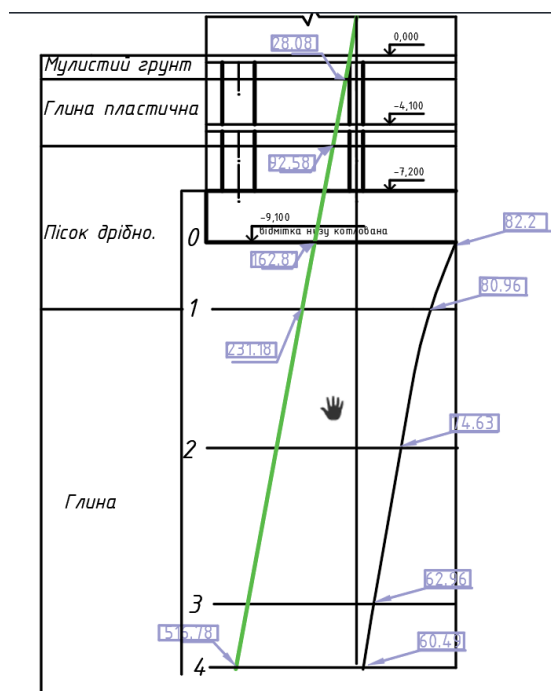


Рисунок 2.3 - Осідання елементарних шарів

2.5 Розрахунок пальових фундаментів

2.5.1 Вихідні дані

Вихідні дані щодо району будівництва, архітектурно-планувальних рішень, навантажень на верхній обріз фундаменту, прийнято відповідно до індивідуального завдання на проектування.

2.5.2 Визначають глибину закладання підшви ростверку

Конструктивна висота ростверку призначається не менше 400 мм. З конструктивних міркувань глибину закладання підшви ростверку = 8.9 м.

2.5.3 Вибирають несучий шар ґрунту під нижнім кінцем палі

Несучий шар ґрунту під нижнім кінцем палі вибирають з урахуванням глибини його розташування, потужності шару та його фізичних характеристик. Перевага надається гравелистим, крупно- та середньозернистим піскам, а також пілуватоглинистим ґрунтам з показником текучості $I_L = 0-0,3$.

В моєму випадку показник $I_L=0.31$.

2.5.4 Вибирають тип палі, її довжину та розміри поперечного перерізу

Відповідно заглиблення бурових паль у несучі крупно уламкові ґрунти, гравелісті, крупні та середньої крупності піски, пілуватоглинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0.1$ повинно бути не менше 0,5 м, в інші нескельні ґрунти не менше 1 м.

Знаходимо необхідні величини для визначення довжини палі. Занурення палі вибираємо у глину четвертинну, оскільки вона володіє необхідними міцнісними характеристиками, як основа $I_L=0.31 < 0.6$

Глибину замонолічування палі приймаємо: $l_{\text{зам}}=0.2\text{м}$

Глибина занурення ростверку: $d=9.1\text{ м}$

Занурення палі приймаємо: $l_{\text{занур}}=13.5\text{м}$

Приймаємо палю за сортаментом забивних залізобетонних паль СК-165.62 довжиною 16500 мм, поперечним перерізом 310×310 мм.

Отже, $L_{\text{палі}} = 16.5$ м

2.5.5. Визначення розрахункового навантаження на одну палю

Розрахункове навантаження на одну палю визначається за формулою

$$P = \frac{F_d}{\gamma_k}, \text{кН} \quad (2.20)$$

де F_d – несуча здатність одиночної палі;

γ_k – коефіцієнт надійності, приймається 1,4.

На основі вихідних даних щодо ґрунтових умов для проектування пальових фундаментів визначаємо тип паль за їх роботою в ґрунті.

Для паль несучу здатність одиночної палі визначаємо за формулою:

$$F_d = Y_c \cdot (Y_{cr} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum Y_{cf} \cdot f_i \cdot h_i), \quad (2.21)$$

де Y_c , Y_{cr} , Y_{cf} – коефіцієнти умов роботи палі і ґрунту відповідно під вістрям та по бічній поверхні палі; приймаємо: $Y_c = 0.8$, $Y_{cr} = 1$;

A – площа поперечного перерізу палі, м²;

u – периметр палі, м;

f_i – розрахунковий опір ґрунту по боковій поверхні шару палі, кПа;

h_i – висота відповідного шару ґрунту, м.

Периметр палі круглого перерізу обчислюється як:

$$u = 2\pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,31 = 1,9468 \approx 1,9 \text{ м} \quad (2.22)$$

Площа поперечного перерізу палі дорівнює:

$$A=\pi R^2=3,14\cdot 0.31^2=3,14\cdot 0.961=0.3017\text{M}^2. \quad (2.23)$$

Після визначення площі поперечного перерізу палі за формулою (2.23), на рисунку 2.4 подано схему осідання елементарних шарів

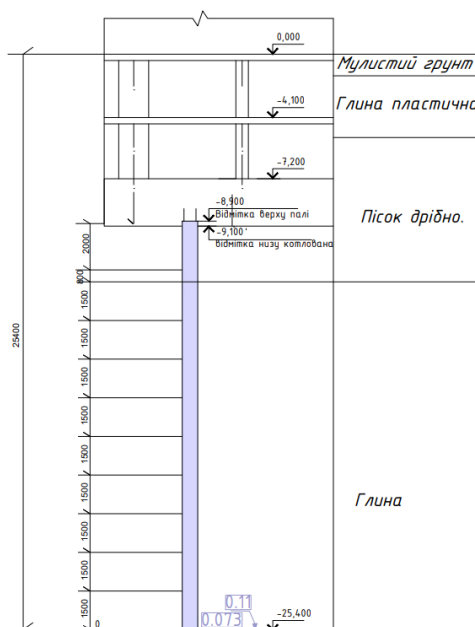


Рисунок 2.4 - Осідання елементарних шарів

На основі геологічного розрізу визначено довжину h_i , питомий опір ґрунтів по бічній поверхні f_i та коефіцієнти умов роботи палі Y_{cf} . Дані подано в таблиці 2.12.

Табличка 2.12 Специфікація геологічного розрізу

[illegible]

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі становить:

$$R=1975.6 \text{ кПа}$$

$$F_d = y_c (y_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum y_{cf} f_i \cdot h_i) \quad (2.24)$$

$$F_d = 0.8 \cdot (1 \cdot 1975.6 \cdot 0.301 + 1.9 \cdot (0.7 \cdot 30 \cdot 2 + 0.7 \cdot 18.4 \cdot 0.8 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5 + 0.6 \cdot 26.5 \cdot 1.5)) = 1283 \text{ кПа.}$$

Визначаємо розрахункове навантаження на одну палю:

$$P = \frac{F_d}{y_k} = \frac{1283 \text{ кПа}}{1.4} = 916.42 \text{ кН.} \quad (2.25)$$

2.5.6. Визначення попередньої кількості палей у ростверку

Попередню кількість палей, необхідну для сприйняття загального навантаження від будівлі, визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N_{II}}{P}. \quad (2.26)$$

де $N_{II} = 22\,524 \text{ т} = 225\,240 \text{ кН}$ – повне розрахункове навантаження від будівлі;
 $P = 916.42 \text{ кН}$ – несуча здатність однієї палі.

Підставимо значення у формулу:

$$n = \frac{225\,240}{916.42} = 393 \text{ палі}$$

Отже, попередньо необхідно встановити 393 буронабивні палі для забезпечення надійної роботи фундаменту під навантаженням.

2.5.7 Конструювання ростверку

При конструюванні ростверку у вертикальній площині враховуються наступні геометричні параметри:

$$h_{\text{бет}} = 1.7 \text{ м.}$$

$$d_p = 9.1 \text{ м.}$$

$$l_{\text{зам}} = 0.2 \text{ м}$$

$$h_{\text{плити}} = 0.2 + 1.7 = 1.9 \text{ м (товщина плити)}$$

Графічну схему занурення палі в плиту ростверку зображено на рис. 3.5.

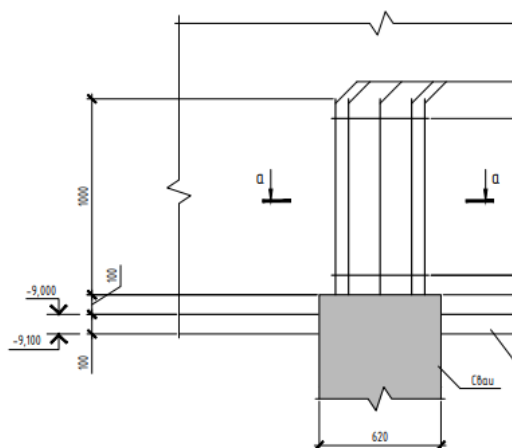


Рисунок 2.5 - Схема занурення палі у ростверк

2.5.8. Визначення фактичного навантаження на палю

Фактичне навантаження на одну палю визначається з урахуванням ваги будівлі та плитного ростверку за формулою:

$$N = \frac{N_{\text{II}} + Q_p}{n} \quad (2.27)$$

де $N_{\text{II}} = 225\,240 \text{ кН}$ — навантаження від будівлі;

Q_p — вага плитного ростверку;

$n = 393$ — кількість палей.

Об'єм плитного ростверку визначаємо за формулою:

$$V_{\text{ростверк}} = A \cdot h = 1400 \text{ м}^2 \cdot 1.9 \text{ м} = 2660 \text{ м}^3 \quad (2.28)$$

Вага ростверку:

$$Q_p = V_p \cdot \gamma_{\text{бетону}} = 2660 \text{ м}^3 \cdot 25 \text{ кН/м}^3 = 66,500 \text{ кН}. \quad (2.29)$$

Підставляючи значення у формулу (2.25), маємо:

$$N = \frac{225 \cdot 240 \text{ кН} + 66500 \text{ кН}}{393} = 742,34 \text{ кН}.$$

$N = 742,34 \leq P = 916,42 \text{ кН}$ умова виконується .

2.5.9. Визначення величин умовної ширини і довжини підшви пальового фундаменту

Для визначення величини умовної ширини і умовної довжини підшви пальового фундаменту $b_{\text{ум}}$, $L_{\text{ум}}$

$$\varphi = \frac{(36,8 \cdot 3,45 + 17,7 \cdot 12,85)}{(12,85 + 3,45)} = 21,26^\circ \quad (2.30)$$

Розрахунок відстаней по тангенсу кута:

$$\text{tg}(21,26^\circ) = \frac{x}{16,3} = 0,387 \text{ м} \cdot 16,3 \text{ м} = 6,3081 \text{ м}.$$

$$\text{tg}34,37^\circ = \frac{x}{16,3}$$

$$x = 24,18.$$

Умовна ширина підшви:

$$b_{\text{ум}} = 24,18 + 6,3081 = 30,46 \text{ м}.$$

Умовна довжина підшви:

$$L_{\text{ум}} = 48 \text{ м}.$$

2.5.10 Визначення розрахункового опору ґрунту

Розрахунковий опір ґрунту основи умовного пальового фундаменту визначаємо за формулою:

$$R = \frac{Y_{c1} \cdot Y_{c2}}{k} \cdot [M_y \cdot k_z \cdot b \cdot Y_{IV} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot Y_{IV} + M_c \cdot C_n] \quad (2.31)$$

де $Y_{c1}=1,2$; $Y_{c2}=1,0$.

$k = 1,1$ — коефіцієнт надійності;

k_z — коефіцієнт впливу площі фундаменту, обчислюється як:

$$k_z = z_0/b + 0,2 \text{ (тут } z_0 = 8 \text{ м)} \quad (2.32)$$

$$k_z = 8/30,68 + 0,2 = 0,261 + 0,2 = 0,461$$

$b = 30,6$ м — ширина підшви умовного фундаменту;

Y_{IV} — середнє розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту

$Y_{IV} = 20,4$ кН/м³ — середня розрахункова питома вага ґрунтів нижче підшви фундаменту;

$M_y = 0,418$; $M_q = 2,68$; $M_c = 5,26$ - коефіцієнти, що залежать від кута внутрішнього тертя - таблиця Е.8 ДБН В.2.1-10:2009 [20].;

$d_b = 2$ м — глибина підвалу;

Y_{IV} — усереднена питома вага ґрунтів вище підшви, визначається за формулою:

$$Y_{IV} = \frac{(15,6 \cdot 1,75) + (17,2 \cdot 3,65) + (19,8 \cdot 7) + (20,4 \cdot 14)}{1,75 + 3,65 + 7 + 14} = 19,48 \text{ кН/м}^2$$

$C_n = 54,9$ кПа — розрахункове значення питомого зчеплення.

Підставляючи усі значення у формулу (2.29), отримаємо:

$$R = \frac{1,2 \times 1}{1,1} \times [0,418 \cdot 0,461 \cdot 30,6 \cdot 20,4 + (2,68 - 1) \cdot 2 \cdot 19,48 + 5,26 \cdot 54,9] = 517,65 \text{ кПа}$$

2.5.11 Визначення середнього навантаження на підшву умовного фундаменту

Суцільний ростверк виконує функцію рівномірного розподілу навантаження на основу фундаменту. Середнє навантаження на підшву визначається за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \frac{N}{A} \quad (2.33)$$

де $P_{\text{ср}}$ — середній тиск на підшву ростверка, кПа;

N – загальне навантаження на основу, кН;

A — площа підшви ростверка, м².

Площа ростверка:

$$A = 1400 \text{ м}^2$$

Загальна вага будівлі (стіни, перекриття, покрівля):

$$N_{\text{будівлі}} = 225\,240 \text{ кН}$$

Висота ростверка: $h = 1.9 \text{ м}$

Об'єм ростверка:

$$V_{\text{ростверка}} = A \cdot h = 1400 \text{ м}^2 \cdot 1.9 \text{ м} = 2660 \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

Питома вага бетону:

$$\gamma_{\text{бетону}} = 25 \text{ кН/м}^3$$

$$Q_{\text{ростверка}} = V_{\text{ростверка}} \cdot \gamma_{\text{бетону}} = 2660 \text{ м}^3 \cdot 25 \text{ кН/м}^3 = 66\,500 \text{ кН} \quad (2.35)$$

Об'єм однієї палі:

$$V_{\text{палі}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot L = 3.14 \cdot \left(\frac{0.62}{2}\right)^2 \cdot 16.5 = 4.95 \text{ м}^3 \quad (2.36)$$

Кількість паль: $n=393$

Загальний об'єм паль:

$$V_{\text{палі}} = V_{\text{палі}} \cdot N_{\text{палі}} = 4.98 \text{ м}^3 \cdot 393 \approx 1958.1 \text{ м}^3 \quad (2.37)$$

Вага паль:

$$Q_{\text{паль}} = V_{\text{паль}} \cdot \gamma_{\text{бетону}} = 1958.1 \text{ м}^3 \cdot 25 \text{ кН/м}^3 \approx 48\,952.5 \text{ кН} \quad (2.38)$$

Загальне навантаження на основу з урахуванням запасу міцності:

$$N = (N_{\text{будівлі}} + Q_{\text{ростверка}} + Q_{\text{паль}}) \cdot 1.1 = (225\,240 + 66\,500 + 48\,952.5) \cdot 1.1 = 374\,761 \text{ кН} \quad (2.37)$$

Середній тиск на підшву ростверка:

$$P_{\text{ср}} = \frac{N}{A} = \frac{374\,761 \text{ кН}}{1400 \text{ м}^2} \approx 267,68 \text{ кПа} \quad (2.39)$$

Допустимий розрахунковий опір ґрунту:

$$R = 517.65 \text{ кПа}$$

Отже, умова виконана:

$$P_{\text{ср}} = 267,68 \text{ кПа} < R = 517.65 \text{ кПа}$$

2.5.12 Розрахунок осідання пальового фундаменту

Розрахунок осідання здійснюється для умовного фундаменту на природній основі відповідно до норм ДБН В.2.1-10:2018. Розрахунок ведеться методом сумування деформацій елементарних шарів ґрунту.

Товщина першого елементарного шару:

$$h_1 = 0.2 \cdot B = 0.2 \cdot 30.6 = 6.12 \text{ м} \quad (2.40)$$

де B – ширина умовного фундаменту, м.

Визначаємо навантаження від власної ваги ґрунтів на характерні глибини:

$$\sigma_{zq0} = 15.6 \cdot 1.75 + 17.2 \cdot 3.65 + 19.8 \cdot 7 + 20.4 \cdot 14 = 217,36 \text{ кПа м} \quad (2.41)$$

Визначаємо додатковий тиск на основу:

$$P_0 = P - \sigma_{zq0} = 267,68 - 217,36 = 50.32 \text{ кПа} \quad (2.42)$$

де P – середній тиск від фундаменту на основу, кПа;

σ_{zq0} — тиск від власної ваги ґрунтів на глибину підосви фундаменту, кПа.

Визначення додаткових напружень на покрівлі та підосві кожного елементарного шару та відповідні значення осідання представлені в таблиці 2.13 та в таблиці 2.14 .

Таблиця 2.13 – Осідання елементарних шарів ґрунту під пальовим фундаментом

№	Глибина товщини ґрунту від підосви z	Відносна глибина $2z/b$	α	Напруження від власної ваги bzq_0	Дод. напруга кПа на глибині, $\alpha \times P_0$
0	0	0	1	368.1	50.32
1	6.12	0.402631579	0.949	492.9	47.75368
2	12.24	0.805263158	0.756	505.956	38.04192
3	18.36	1.207894737	0.547	519.012	27.52504

Згідно з умовою:

$$\sigma_{zq} \leq 0.2 \cdot \sigma_{zg}$$

Розрахунок припинено на 4-му елементарному шарі, оскільки:

$$27.52 \text{ кПа} \leq 0.2 \cdot 519.012 = 103.804 \text{ кПа}$$

Таблиця 2.14 - Осідання елементарних шарів

№	додаткові напруди σ_{zp} , кПа			E, кПа	h_i , см	Осідання i-шару S_i , см
	$\sigma_{zp} B$	$\sigma_{zp} H$	$\sigma_{zp} I$			
1	50,32	47,75	49,035	20100	612	1,194404776
2	47,75	38,04	42,895	20100	612	1,044845373
3	38,04	27,52	32,78	20100	612	0,79846209
						3,037712239

На рисунку 2.6 подано схему осідання ґрунту під дією навантаження пальового фундаменту

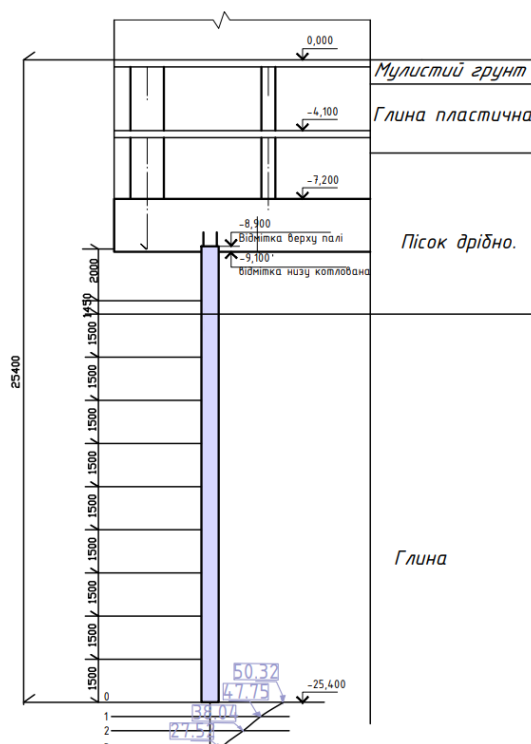


Рисунок 2.6 – Осідання ґрунту під умовним фундаментом

Отже, отримане максимальне осідання становить:

$$S_{\max} = 3 \text{ см} < S_{\text{доп}} = 12 \text{ см}$$

Умова допустимого осідання виконується, що свідчить про надійність конструкції пальового фундаменту за критерієм деформації основи.

2.6 Порівняння технічних характеристик плитного та пальового фундаментів

У процесі розрахунку розглядалися два варіанти фундаментів для 10-поверхового житлового будинку з підземною парковкою, такий як монолітно-плитний фундамент або пальовий фундамент (буронабивні палі з монолітним ростверком). На основі аналізу інженерно-геологічних умов та з урахуванням загального навантаження на основу ($\approx 225\,240$ кН) виконано попередній розрахунок обох варіантів.

Монолітно-плитний фундамент:

глибина закладання: 9,1 м;

розрахунковий опір ґрунту під плитою: 3480,5 кПа;

фактичне навантаження на ґрунт: 153.34 кПа;

осідання: 2,8 см (допустиме – 12 см). ;

площа плити: 1400 м²;

тип ґрунтів: мулистий та глина пластична;

Перевагами такого рішення є простий монтаж, рівномірний розподіл навантажень. Недоліками є велика вага конструкції, висока вартість матеріалів, значний об'єм земляних робіт.

Пальовий фундамент:

кількість паль: 393 шт;

довжина палі: 16,5 м;

несуча здатність палі: 916,42 кН;

фактичне навантаження на палю: 742,34 кН;

середній тиск під ростверком: 267,68 кПа;

опір ґрунту умовного фундаменту: 517,65 кПа;

осідання: 3 см (менше допустимого) ;

Перевагами такого рішення є ефективна передача навантажень на глибокі щільні шари, зменшення осідання, більша безпека. Недоліками є складність буріння та монтажу, вища вартість виконання.

2.7 Висновки за розділом 2

За результатами технічного порівняння встановлено, що обидва варіанти фундаменту задовольняють вимоги міцності та деформативності. Проте пальовий фундамент забезпечує кращу надійність в умовах глибокого залягання несучого шару, менше осідання та достатній запас міцності. Отже, для реалізації в конкретних інженерно-геологічних умовах доцільно застосувати саме пальовий фундамент.

РОЗДІЛ 3

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Охорона праці

3.1.1 Техніка безпеки при роботі із механізмами

На будівельному майданчику зведення 10-поверхового житлового будинку з двома підземними поверхами під паркінг застосовується велика кількість механізмів: баштові крани, екскаватори, бетонозмішувачі, пересувні підйомники, електроінструмент. Кількість працівників на майданчику на активній фазі може сягати 80–120 осіб, враховуючи змінну роботу.

Основні заходи безпеки:

- усі працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки перед початком робіт;
- оператор баштового крану допускається до роботи лише за наявності посвідчення, проходження медогляду та інструктажу;
- при роботі екскаватора на ділянках з рухомими людьми необхідне виділення зони дії екскаватора стрічковим огородженням;
- обладнання, що працює від електромережі (220/380 В), має бути заземлене, перевірене і мати відповідні технічні дозволи;
- заборонено експлуатацію несправного обладнання або використання його не за призначенням.

Обладнання, що надається працівникам та використовується ними за призначенням, має бути технічно справним. Роботодавець повинен забезпечити належне технічне обслуговування і ремонт обладнання відповідно до вимог експлуатаційних документів на нього, наприклад, настанови (інструкції) з експлуатації, інструкції з технічного обслуговування, інструкції з монтажу, пуску, регулювання та обкатки тощо, викладених державною мовою. Такі документи потрібно надавати працівнику разом з обладнанням.

Крім того, роботодавець зобов'язаний здійснювати моніторинг і оцінку технічного стану обладнання шляхом проведення перевірок (первинний, періодичний, позачерговий технічні огляди, експертне обстеження) та нагляду за його безпечною експлуатацією.

Ризики від впливу основних видів небезпеки, що можуть статися за нормальних умов експлуатації й у разі порушення нормальних умов експлуатації обладнання, які становлять загрозу працівникам, повинні бути унеможливлені або зведені до мінімуму за допомогою виконання запобіжних заходів, спрямованих на унеможливлення прогнозованих ризиків і забезпечення безпеки під час експлуатації обладнання.

3.1.2 Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів

У зв'язку з масштабом проєкту будівництва та поверховістю будівлі, особливу увагу слід приділяти безпеці на висоті, у котлованах і при бетонуванні.

Висотні роботи (понад 1,3 м). Тому працівники повинні використовувати страхувальні пояси, каски, взуття з нековзною підошвою. Роботи на риштуваннях та у люльках – виключно з перевіреним обладнанням і після інструктажу. Забороняється працювати на висоті при швидкості вітру понад 15 м/с.

При роботах у котлованах стінки мають бути укріплені (щити, шпунти або бетонні підпори). Вхід до котловану лише по сходах чи драбинах, заборонено спускатись по земляних укосах. Освітлення в нічний час – обов'язкове.

На етапі бетонування та монтажу забороняється перебувати під вантажем, що підіймається краном. Всі роботи з бетонування виконуються лише у присутності відповідального виконроба. Також заборонено використання бетону, температура якого нижча за +5°C без спеціальних добавок.

Побутові вагончики, душові, туалети розташовані з урахуванням санітарних норм, а освітлення та опалення тимчасових споруд має бути безпечним, електроприлади – сертифіковані. Також має бути передбачено контейнери для побутових відходів та тимчасове зберігання будівельного сміття.

Методи боротьби з шумом та шкідливими речовинами:

Виробниче обладнання, робота якого супроводжується виділенням шкідливих речовин чи мікроорганізмів або пожежо- та вибухонебезпечних речовин, повинно включати вмонтовані пристрої для локалізації цих виділень. При відсутності таких пристроїв, в конструкції обладнання мають бути передбачені місця для підключення автономних пристроїв локалізації виділень. За необхідності згадані пристрої мають бути виконані з урахуванням чинних вимог щодо стану повітря робочої зони та захисту довкілля.

Якщо виробниче обладнання являється джерелом шуму, ультра та інфразвуку, вібрації, виробничих випромінювань (електромагнітних, лазерних тощо), то воно повинно бути виконано таким чином, щоб дія на працюючих перерахованих шкідливих виробничих факторів не перевищувала меж, встановлених відповідними чинними нормативами.

3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

На будівельному майданчику передбачено організаційні заходи для попередження надзвичайних ситуацій.

Пожежна безпека. На території розташовані вогнегасники, ящики з піском, протипожежні щити. Роботи з відкритим вогнем (зварювання) дозволені лише після оформлення наряду-допуску. Під'їзди до об'єкта та джерел водопостачання не захащуються.

Медична допомога. На об'єкті облаштований аптечний пункт. Усі працівники повинні бути проінструктовані щодо дій у разі травмування. У випадку важких нещасних випадків передбачено виклик бригади екстреної медичної допомоги.

Евакуація. Розроблено схему евакуації з верхніх поверхів та котлованів. Встановлено сигнальні таблички, плани евакуації, а також звукову сигналізацію.

Обладнано укриття або захищену зону для тимчасового перебування працівників. Джерела живлення мають бути вимкненими. Працівники мають взяти необхідні речі та перейти до найближчого укриття.

3.3 Заходи з охорони навколишнього середовища

При виконанні будівельних робіт передбачено наступні заходи:

Очищення стічних вод – перед скиданням у каналізацію стоки змивів з техніки очищаються через фільтраційні резервуари;

Пило- та золовидалення – на місцях розвантаження матеріалів використовують зрошення водою; у суху погоду територія поливається;

зменшення шуму – дизельні генератори та великогабаритна техніка обладнані шумопоглинаючими кожухами;

захист зелених насаджень – дерева і газони по межах ділянки огорожені дерев'яними щитами;

контейнери для сортування відходів – будівельне сміття сортується: деревина, бетонні залишки, упаковки, які вивозяться окремо.

Висновки за розділом 3

Будівництво 10-поверхового житлового будинку з двома підземними рівнями вимагає високого рівня організації охорони праці та безпеки. На об'єкті передбачені комплексні заходи які спрямовані на зниження ризиків травматизму, попередження надзвичайних ситуацій, дотримання норм техніки безпеки, охорону довкілля.

Виконання цих заходів забезпечує безпечну організацію праці як для робітників, так і для мешканців прилеглих територій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи я розробив проєкт багатоповерхового житлового будинку з підземним паркінгом в Гусятині. Робота охоплює всі основні розділи: архітектурні рішення, конструктивну частину, розрахунок основ і фундаментів, а також заходи з енергоефективності та безпеки.

Розроблено архітектурно-планувальні рішення, які відповідають функціональним, естетичним та нормативним вимогам.

Виконано розрахунки основ і фундаментів (як плитного, так і пальового типу), обґрунтовано вибір буронабивних паль як найбільш доцільного варіанта в умовах заданої ділянки.

Графічна частина відображає об'ємно-планувальні рішення будівлі, інженерно-геологічну ситуацію, конструктивну схему фундаменту, розміщення паль, вузли армування, фасади, генплан та покрівлю.

Завдяки теплотехнічному розрахунку вдалося забезпечити відповідність конструкцій сучасним нормам енергоефективності. Проєктом передбачено зручне зонування території, безбар'єрний доступ, сучасне оздоблення фасадів, панорамне скління та енергоощадні технології.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. – Тернопіль: ТНТУ, 2025. – 59 с
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіон України, 2011. – 119 с.
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги: Державні будівельні норми України. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 53 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: Державні будівельні норми України. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 92 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні. Технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 35 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-109:2010. Конструкції будинків і споруд. Плити залізобетонні стрічкових фундаментів. Технічні умови. – Київ: Держспоживстандарт України, 2010. – 43 с.
7. Величко В.М., Бедлевич Л.П. Основи та фундаменти. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 68 с.
8. Зоценко М.Л., Коваленко В.І., Яковлев А.В. та ін. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с
9. Підгурський М.І., Підгурський І.М. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. Методичні вказівки для виконання курсового проєкту. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 140 с.
10. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. – 144 с.
11. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація. – [Чинний від 1997-01-04]. – Київ: Держкоммістобудування України, 1996. – 47 с.

12. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. – Чинний від 2014-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 88 с.

13. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій : державні будівельні норми України. – Київ : Мінрегіон України, 2019. – 162 с.

14. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування: Державні будівельні норми України. – Київ: Мінрегіон України, 2006. – 63 с.

15. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення: Державні будівельні норми України. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 67 с.

16. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення: Державні будівельні норми України. – Чинний від 2019-04-01. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 35 с.

17. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. – Чинний від 2009-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 24 с.

18. ДСТУ 9191:2022. Конструкції будівель і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Загальні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2022. – 68 с.

19. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України: Державні будівельні норми України. – Чинний від 2015-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 89 с.

20. ДБН В.2.1-10:2009. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування: Державні будівельні норми України. – Із змінами №1, №2. – [Скасований від 2019-01-01]. – Київ: Мінрегіон України, 2009. – 161 с.

21. ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: Державні будівельні норми України. – Чинний від 2010-01-01. – Київ: Мінрегіон України, 2009. – 53 с.