

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет транспорту і будівництва
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)
освітньо-кваліфікаційного рівня ___ бакалавр ___

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності ___ 192 Будівництво та цивільна інженерія _____

(шифр і назва спеціальності)

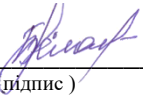
на тему: «Зведення енергоефективного багатоповерхового житлового будинку у
м. Луцьк»

Виконав: студент групи МБГ-22


(підпис)

О.О. Вихрук
(ініціали і прізвище)

Керівник:


(підпис)

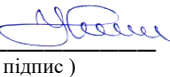
Н.І. Білошицька
(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри:


(підпис)

Г.О. Татарченко
(ініціали і прізвище)

Рецензент:


(підпис)

П.Є. Уваров
(ініціали і прізвище)

Київ – 2026

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет транспорту і будівництва _

Кафедра будівництва урбаністики та просторового планування

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ бакалавр _____

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність _____ 192 Будівництво та цивільна інженерія _____

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вихрук Оксані Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема проекту (роботи) «Зведення енергоефективного багатоповерхового житлового будинку у м. Луцьк»

Керівник проекту роботи: Білошицька Н. І., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “12” травня 2026 року № 105/16

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) «Зведення енергоефективного багатоповерхового житлового будинку у м. Луцьк»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проектування шести поверхового будинку з 17 квартирами, який має монолітний каркас. У проекті містяться такі розділи: розрахунок перекриттів, обґрунтування конструкцій, технологічна карта будівництва та проект організації будівництва, у якому враховано благоустрій та інфраструктуру.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) фасад, поверхові плани (вкл. типовий) та розрізи будівлі, кресленики перекриттів. Будівельний генеральний план та схема благоустрою прибудинкової території. Календарний план-графік виконання робіт.

РЕФЕРАТ

на випускнї кваліфікаційнї роботї за темою «Зведення енергоефективного багатоповерхового житлового будинку у м. Луцьк»

Випускнї кваліфікаційнї роботї бакалавра складається з пояснювальної записки на 70 с., 4 розділів, 1 рисуноків, 7 таблиць та графічної частини 6 аркушів формату А1.

Ключові слова: проектування, цивільна будівля, житловий будинок, силікатна цегла, безкаркасна конструктивна схема, відновлювана енергетика, календарне планування, будівельний генеральний план, принцип двох стін.

Ця дипломна роботa зосереджена на проектуванні архітектурних та конструктивних аспектів висотного житлового будинку в місті Луцьк. Було проведено всебічне дослідження міцності та стійкості основних зовнішніх несучих стін, виконаних із силікатної цегли конкретної марки, з метою оцінки їхньої здатності витримувати значні навантаження. Обґрунтовано вибір найкращих теплоізоляційних характеристик для утеплення фасаду, використовуючи мінераловатні плити необхідної товщини.

Планування будівництва передбачає інженерні та організаційні рішення, а також сучасні підходи до захисту навколишнього середовища, що враховують конструктивні особливості споруди. Було підтверджено ефективність комплексної системи відновлюваної енергії. Яка включає 112 сонячних панелей на покрівлі та два окремих вітрогенератори, що за формою нагадують вітрові дерева, встановлені на території житлового комплексу.

У межах цього проекту було сформовано докладний план виконання робіт, що гарантує їх ефективне та злагоджене здійснення протягом визначеного терміну в 237 робочих днів. Також розроблено детальну стратегію зведення верхніх рівнів, яка охоплює оптимальне розташування підйомного крана та зручне розміщення допоміжних і побутових об'єктів для співробітників. Першочерговим завданням стало гарантування безпеки робітників, особливо тих, хто задіяний у висотних роботах.

Проведено всі необхідні обчислення для надійного заземлення сучасних енергетичних мереж згідно з поточними стандартами. Крім того, спроектовано міцний, багатоповерховий безпековий блок, розташований поруч із ліфтовими та сходовими проходами. Він має зміцнені стінові конструкції та особливі інженерні розробки, що забезпечують підвищений рівень безпеки для майбутніх користувачів.

Усі ці ретельно продумані заходи та обґрунтовані технічні рішення чітко демонструють ефективність та доцільність обраного інженерного підходу.

ABSTRACT

for the final qualification work on the topic "Construction of an energy-efficient multi-storey residential building in the city of Lutsk"

The graduation thesis of the bachelor consists of an explanatory note on 70 pages, 4 chapters, 1 figure, 7 tables, sources of information and a graphic part [6] sheets of A1 format.

Key words: design, civil building, residential building, silicate brick, frameless structural scheme, renewable energy, calendar planning, construction master plan, principle of two walls.

This thesis is focused on the design of architectural and structural aspects of a high-rise residential building in the city of Lutsk. A comprehensive study of the strength and stability of the main external load-bearing walls, made of silicate bricks of a particular brand, was carried out in order to assess their ability to withstand significant loads. The choice of the best thermal insulation characteristics for facade insulation using mineral wool plates of the required thickness is substantiated.

Construction planning involves engineering and organizational solutions, as well as modern approaches to environmental protection, taking into account the structural features of the building. The effectiveness of the integrated renewable energy system was confirmed. Which includes 112 solar panels on the roof and two separate wind generators, shaped like wind trees, installed on the territory of the residential complex.

Within this project, a detailed work plan was formed, which guarantees their effective and coordinated implementation within the specified period of 237 working days. A detailed strategy for the construction of the upper levels has also been developed, which covers the optimal location of the lifting crane and the convenient placement of auxiliary and domestic facilities for employees. The primary task was to guarantee the safety of workers, especially those involved in work at height.

All necessary calculations for reliable grounding of modern energy networks according to current standards have been carried out. In addition, a strong, multi-story security block has been designed, located next to the elevator and stairwells. It has reinforced wall structures and special engineering developments that provide an increased level of safety for future users.

All these carefully thought-out measures and sound technical solutions clearly demonstrate the effectiveness and feasibility of the chosen engineering approach.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 7 |
| 1. Архітектурно– будівельний розділ | 9 |
| 1.1 Характеристика району будівництва та кліматичні умови | 9 |
| 1.2 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки | 11 |
| 1.3 Генеральний план та благоустрій території | 13 |
| 1.4 Архітектурно-планувальні рішення | 15 |
| 1.5 Конструктивні рішення будинку | 18 |
| 1.6 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни | 20 |
| 2. Розрахунково-конструктивний розділ | 21 |
| 2.1 Вихідні дані для проектування та збирання навантажень | 21 |
| 2.2 Розрахунок та конструювання збірної залізобетонної плити перекриття | 24 |
| 2.3 Розрахунок несівної спроможності цегляного простінка першого поверху | 26 |
| 2.4 Розрахунок та проектування стрічкового залізобетонного фундаменту | 29 |
| 3. Організаційно – технологічний розділ | 31 |
| 3.1 Визначення номенклатури та обсягів будівельно-монтажних робіт | 31 |
| 3.2 Вибір методів виконання робіт та провідних будівельних машин | 37 |
| 3.3 Розробка технологічної карти на провідний будівельний процес | 41 |
| 3.4 Календарне планування будівельного виробництва у часі | 45 |
| 3.5 Будівельний генеральний план будівельного майданчика | 53 |
| 3.6 Організація безпеки праці при зведенні надземної частини будівлі | 59 |
| 3.7 Електробезпека під час монтажу та експлуатації систем відновлюваної енергії | 61 |
| 3.8 Заходи цивільного захисту та проектування внутрішнього ядра безпеки | 62 |
| 4. Економіка будівництва | 64 |
| 4.1 Методика визначення кошторисної вартості будівель і споруд | 64 |
| 4.2 Розрахунок вартості об'єкта та техніко-економічні показники | 64 |
| Висновки | 66 |
| Джерела | 67 |

Вступ

Через складну ситуацію з енергопостачанням, руйнування енергомереж а також регулярні відключення. Тож питання енергоефективності житла на даний час є дуже актуальною і важливою, бо більшість будівель на даний час є залежними від зовнішніх мереж. Саме тому у сучасному будівництві перевагу відають зведенню будівель із близьким до нуля енергоспоживанням. Головна концепція цього полягає в тому, поєднати декілька методів таких як: якісне і масивне утеплення фасадів і встановлення на будинку систем відновлювальної енергетики.

Темою дипломного проекту було обрана проектування багатоповерхового житлового будинку в місті Луцьк. Особливість цієї роботи є створення системи автономної генерації енергії об'єднавши два взаємнодовнюючих джерел чистої енергії. Перш за все я планую встановити на вільну ділянку даху, дахової сонячної електростанції, яка даватиме велику кількість енергії в час сонячних піків інсоляції. Другий момент щоб був баланс у вироблені енергії у зимові місяці чи похмурі дні осені, я вирішила додати ще новітнє впровадження вітрове дерево. Ці установки будуть працювати безшумно, щоб не створювати сторонніх чи небезпечних звуків для мешканців. Що стосується вітро дерев їх конструкція дозволить вловити навіть не великий вітерець перетворивши його в енергію. Також такі інновації можуть стати цікавими і привабливими деталями ландшафту будинкової території. Застосування таких новацій вимагає великих змін і модернізацій у будівельному виробництві.

Головна мета моєї дипломної роботи полягає у проекту багатоповерхового енергоефективного житлового будинку, який розташований у місті Луцьк. Я хочу досягти високих показників енергозбереження покращивши технології цегляної конструкції а також інтегрувавши у прибудинкову територію автономної сонячно-вітрової системи.

Для того щоб реалізувати цю задумку я виконала низку послідовних інженерних завдань. По-перше було проведено ретельний кліматичний аналіз, аналіз ґрунту та підземних вод на місті будівництва. Що дозволить правильно визначити параметри підземної частин та стрічкового фундаменту. По-друге виконую розробку генерального плану забудови з урахуванням максимальної інсоляції фасаду та оптимальним позиціонуванням «вітряних дерев» у дворі для забезпечення енергогенерації. По-третє я почну створювати архітектурний проект для 17- квартирного будинку на 6 поверхів з дотриманням сучасних стандартів.

Велику увагу у роботі було приділено інженерним і конструктивним розрахункам. Виконавши теплотехнічні обчислення для зовнішніх стін відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 для першої кліматичної зони України, я визначаю оптимальну товщину мінераловатного утеплювача, аби забезпечити

мінімальні втрати тепла. Також провела розрахунки на міцність для таких ключових елементів конструкції: залізобетонної плити перекриття між поверхами, найбільш навантаженого простінка зовнішньої стіни та фундаменту мілкового закладання. Окрім того, я ще провела технічні розрахунки параметрів систем сонячної і вітрової генерації енергії, визначаю їх сумарну потужність і прогноую річний обсяг виробленої електроенергії з урахуванням кліматичних характеристик Волинської області.

У межах технологічного напрямку моєї діяльності я займаюся розробкою комплексних рішень для організації будівельного процесу. Це передбачає підготовку генерального плану будівництва для конкретного об'єкта, створення календарного графіка виконання робіт із застосуванням потокового методу, а також розроблення технологічної карти для ключового етапу будівництва. Завершальним етапом є розробка рекомендацій з охорони праці для будівельників та визначення інженерних заходів щодо пожежної безпеки запроєктованого об'єкта. Наша проєктна діяльність зосереджена на архітектурно-конструктивному проєктуванні та організації будівництва енергоефективного житлового будинку. Особливу увагу приділено дослідженню будівельних технологій, вибору систем утеплення фасадів, а також впровадженню сонячних та вітрових установок для мікрогенерації задля підвищення енергоефективності та автономності будівлі. У роботі активно використовую аналітичні методи для збору та аналізу кліматичних даних, виконую розрахунки конструкцій на основі граничних станів і застосовую сучасні цифрові засоби інформаційного моделювання, що дозволяють оптимізувати кожен етап проєктування.

Розділ 1 Архітектурно – будівельний

1.1 Характеристика району будівництва та кліматичні умови

Проект шестиповерхового житлового будинку на 17 квартири розташований у місті Луцьк. Клімат Волинської області характеризується помірно-континентальними умовами. Літо є помірно тепле, з періодичними дощами, а зими тут зазвичай прохолодні, але завдяки частим відлигам вони досить м'які. Під час створення проекту було насамперед зібрана всі необхідні кліматичні та нормативні дані, які стосуються Луцька. Ці показники є ключовими у визначенні необхідної товщини стін, утеплювача та допустимого навантаження на дах.

Проект зосереджується на всебічному опрацюванні архітектурних і конструктивних рішень, а також організації будівництва енергоефективного житлового будинку. Особливу увагу спрямовано на дослідження інноваційних технологій будівництва, сучасних способів теплоізоляції фасадів та інтеграцію альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрогенератори, для забезпечення мікрогенерації та підвищення енергетичної автономності будівлі. У межах проекту передбачено аналітичну обробку кліматичних даних, виконання конструктивних розрахунків із врахуванням граничних станів матеріалів, а також активне використання цифрових технологій для створення інформаційних моделей об'єкта.

Щоб забезпечити надійність і стійкість будинку до природних чинників, я орієнтуюсь на ключові нормативи з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування». Ось кілька важливих аспектів, які врахувались у розрахунках.

По-перше, це снігове навантаження. Луцьк належить до третьої снігової зони, нормативне навантаження тут становить 1200 Па, тобто близько 120 кілограмів снігу на квадратний метр даху. Цю величину взяли за основу при проектуванні покрівлі, зробивши її достатню міцною, щоб вона змогла витримувати навіть потужні снігопади.

По-друге, вітрове навантаження. Волинь входить до другої вітрової зони із нормативним тиском вітру 400 Па, що еквівалентно 40 кілограмам на квадратний метр. Цей параметр є дуже важливим для оцінки жорсткості всієї будівлі. Особливо це є важливим якщо я планую встановити поруч із будинком вітрогенератори. Отримані дані ретельно врахувала під час розрахунків міцності кріплень і лопатей турбін, щоб забезпечити їх надійність у будь-яких погодних умовах.

Детально вивчивши розу вітрів згідно зі стандартом ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», щоб з'ясувати, з якого напрямку найчастіше дують вітри в Луцьку взимку та влітку.

Таблиця 1.1- Повторюваність напрямку вітру для міста Луцьк в січні і липні

| місяць | Пн | ПнСх | Сх | ПдСх | Пд | ПдЗх | Зх |
|--------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Січень | 11,2 | 4,6 | 5,8 | 11,9 | 14,1 | 14,0 | 23,5 |
| Липень | 18,0 | 9,1 | 4,8 | 8,2 | 9,0 | 10,0 | 22,0 |

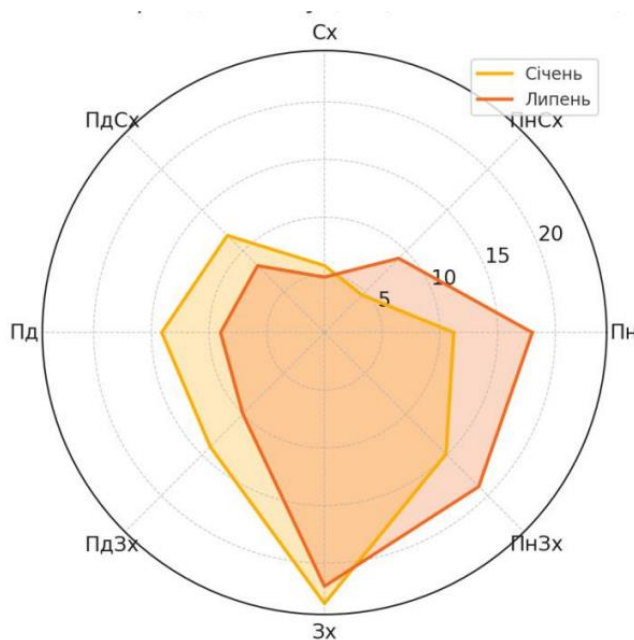


Рисунок 1. Роза вітрів в місті Луцьк

Аналіз результатів показав, що у Луцьку західні вітри переважають як у січні (23,5%), так і в липні (22,0%). У зимовий період часто спостерігаються також південні та південно-західні напрямки вітру, які разом утворюють близько

28%. Влітку додається помітна частка північного вітру – близько 18%. Ці дані є дуже цінними для реалізації мого проєкту. Зважаючи на те, що у цьому регіоні домінують західні та північно-західні вітри, я вирішила розмістити інноваційні мікро-вітрогенератори "Wind Tree" із західного боку території. Тут планується облаштування відкритого зеленого простору без високих будівель, що забезпечить вільний рух повітряних потоків без перешкод. Завдяки цьому «технологічні дерева» зможуть максимально ефективно використовувати енергію вітру та забезпечувати стабільне й безкоштовне електропостачання для будівлі.

1.2 Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки

Перед тим як розпочати проектування підземної частини будівлі, обчислення фундаменту та визначення параметрів подушки, ми вже мав достатній досвід із проведенням інженерних досліджень. Хоча безпосередньо не займався бурінням чи розкопками на цьому місці, усі необхідні дані із ґрунтових архівів були отримані для будівництва будинку на вулиці Вячеслава Чорновола у Луцьку. Цей підготовчий етап є надзвичайно важливим у процесі проектування, адже навіть найменші помилки в оцінці міцності ґрунту можуть спричинити нерівномірне осідання шестиповерхового будинку. Це, своєю чергою, може призвести до утворення тріщин у стінах або в найгіршому випадку до серйозного пошкодження несучих конструкцій. Зібрані дані зі старих геологічних свердловин дозволили чітко визначити структуру та властивості ґрунтового шару.

Дослідження виявили, що під поверхнею землі чітко розрізняються чотири основні шари ґрунту:

Підготовка починається з верхнього шару, цей шар є ґрунтово-рослинною основою завтовшки від 1,0 до 1,6 метра. Він має пухку структуру через наявність рослинних коренів, трави та органічних речовин, що робить його нестабільним. Через це будівельні норми забороняють використовувати його для закладки

фундаментів. На етапі планування було вирішено повністю зняти цей шар за допомогою бульдозерів на всій площі майбутньої будівлі. Видалений ґрунт буде перенесено на спеціально відведений майданчик для подальшого використання в благоустрої, підсипанні газонів і озелененні прилеглої території.

Під ґрунтово-рослинним знаходиться другий, більш міцний шар-легкий суглинок, його товщина приблизно 5,5–6,0 метра. Завдяки своїй тугопластичності, цей шар має високу несівну здатність і може витримувати великі навантаження, він стане основною опорою для будівлі. Фундамент, виконаний у вигляді стрічкової залізобетонної конструкції, запланована глибина закладання буде становити 2,7 метра. Ця глибина дозволяє пройти через нестійкий рослинний шар і закріпити основу в надійному суглинку, заглиблюючись більше ніж на один метр у його товщу. Такий дії забезпечать стійкість і тривалість будівлі.

Під шаром суглиноків залягає третій шар - супісок товщиною 3,8–4,5 метра. Переважно він складається з піщаного матеріалу із незначними вкрапленнями глини, що формує міцну основу, здатну ефективно перерозподіляти навантаження вниз. Ще нижче розташований середньозернистий пісок завтовшки 9,8–10,2 метра. Завдяки своїй високій щільності, низькій стисливості та значній міцності, цей шар є надійним фундаментом для будівництва шестиповерхової споруди.

Геологічні умови з підземними водами також сприятливими для проведення будівельних робіт у цьому районі. Водоносні горизонти на території вулиці Чорновола розташовані на глибині приблизно 4,5 метра від поверхні, що є сприятливими умовами для закладання фундаменту. Проект передбачає використання стрічкового фундаменту на глибині 2,7 метра, що на 1,8 метра вище рівня залягання підземних вод. Завдяки такому підходу ризики затоплення котловану під час земляних робіт і монтажу залізобетонних конструкцій зводяться до мінімуму. Це дозволяє уникнути потреби в дорогих заходах, таких як постійне відкачування води чи створення складної дренажної системи навколо будівлі.

Розробка котловану було сплановано виконати з використанням стандартних механізованих технологій, з урахуванням щодо формування безпечних укосів. Для забезпечення ефективного захисту підземної частини будівлі від впливу капілярної вологи та атмосферних опадів, які можуть проникати крізь ґрунт, у проекті передбачено якісна гідроізоляція. Зокрема, планується нанесення двошарової горизонтальної гідроізоляції з використанням бітумних рулонних матеріалів на верхній поверхні фундаменту. Вертикальні залізобетонні стіни фундаментних блоків, які перебувають у контакті з ґрунтом, будуть оброблені гарячою бітумною мастикою у два послідовних шари. Такий комплексний захисний підхід спрямований на забезпечення ефективної ізоляції конструкції від впливу надмірної вологості, запобігання утворенню сирості та грибкових уражень.

1.3 Генеральний план та благоустрій території

Розробка генерального плану - це не просто технічне завдання, а складний і багатоетапний процес, який вимагає врахування багатьох важливих факторів. У проекті шестиповерхового будинку, який я планую спроектувати на вулиці Вячеслава Чорновола в Луцьку, особливу увагу ми приділили енергоефективності. Головними пріоритетами стали оптимальне розташування будівлі щодо сторін світу, раціональне використання земельної ділянки для під'їзних шляхів і пішохідних зон, правильний вибір місць для сучасних вітроелектричних дерев «Wind Tree» та благоустрій навколишньої території.

Ключовим моментом у процесі проектування було сонячне світло. Архітектурні рішення передбачають, що будівля розташована так, що житлові кімнати з великими вікнами виходять на південь і південний схід. Це допомагає добре накопичувати сонячне тепло в холодну пору року, що значно знижує витрати на опалення. Крім того, така орієнтація забезпечує хороше освітлення дахів протягом дня, що створює умови для ефективної роботи сонячних панелей.

Враховуючи розташування будинку біля нього не має високих дерев і будівель які давали би тінь то , їхня діяльність буде на максимальному продуктивною.

Особливу увагу було приділено розташуванню мікровітрогенераторів типу «Wind Tree» у загальному проєкті. Зважаючи на те, що у Луцьку переважно вітер дме з заходу, вирішено встановити ці генератори зі західної та північно-західної сторони ділянки. Відпочинкова зона залишатиметься відкритою без високих будівель, житловий будинок не створюватиме «аеродинамічної тіні». Це забезпечить вільну циркуляцію повітря через двір, що стабілізує роботу турбін р у результаті генератори ефективно вироблятимуть безкоштовну електроенергію для освітлення під'їздів і прибудинкової території. Завдяки тому, що ці установки безшумні їх можна розміщувати прямо на газонах у зоні відпочинку. Вони не спричиняють дискомфорту для мешканців та водночас стануть сучасним і стильним акцентом ландшафтного дизайну.

Проєкт спрямований на покращення інфраструктури та транспортних зав'язків. У планах передбачено облаштування зручного кругового під'їзду з якісним асфальтовим покриттям і просторими проїздами. Таке рішення забезпечить безперешкодний рух спеціалізованої техніки, зокрема пожежних машин. Передбачено також створення компактних пакувальних майданчиків для мешканців і гостей, який розміститься на відповідній відстані від дитячих майданчиків та вікон будинків.

Головним критерієм облаштування двору полягає у створенні комфортного простору для людей різного віку. Після завершення будівництва тут буде встановлено сучасний дитячий майданчик, а також облаштовано зону відпочинку з лавками для дорослих. Усі доступні ділянки, що не будуть зайняті забудовою чи проїздами, озеленять. На цих територіях висадять газони, декоративні кущі та низькорослі дерева, щоб надати місцевості естетичного вигляду. Завдяки сучасним вітрогенераторам і зеленим зонам дворова територія стане затишною та комфортною для життя мешканців житлового комплексу.

1.4 Архітектурно-планувальні рішення

При проектуванні шестиповерховий житловий будинок на вулиці Чорновола було приділено велику увагу на забезпечення високого рівня безпеки та комфорту для мешканців. Архітектура будівлі базується на використанні енергоефективних рішень, які знижують енергоспоживання та підтримують раціональне використання природних ресурсів. Завдяки компактному плануванню простір використовується максимально ефективно, уникаючи зайвих зон, які могли б призводити до втрат тепла та знижувати енергоефективність об'єкта.

Основний рівень підлоги першого поверху визначено як позначку 0,000. Висота кожного поверху складає 3,00 метри, а чиста висота приміщень від підлоги до стелі становить 2,72 метри, враховуючи конструктивні особливості міжповерхових перекриттів і підлогової основи. Ці параметри відповідають сучасним стандартам і нормам для будівель подібного класу. Над шостим поверхом передбачений плоский технічний поверх заввишки 2,20 метри. Він слугуватиме для розміщення інженерного обладнання та вентиляційних систем і забезпечуватиме доступ до даху, де я планую встановити сонячні батареї. Враховуючи специфіку місцевого ґрунту та підвищений рівень ґрунтових вод, проєкт не передбачає облаштування підвалу. Ключові технічні елементи, зокрема інженерні мережі та електрощитові установки, планується розмістити у спеціалізованих приміщеннях на першому поверсі будівлі. Такий підхід дозволяє чітко відокремити житлові зони від технічних, що сприяє ефективній ізоляції житлових приміщень від стороннього шуму та потенційних незручностей, водночас помітно підвищуючи комфорт проживання для мешканців.

У житловому комплексі, що включає в себе 17 квартири, ми старалися ретельно продумати планування, щоб воно максимально відповідало потребам мешканців. Усі помешкання мають чіткий поділ на денну та нічну зони. Денна частина включає зручні передпокої, обладнані кухні з усіма необхідними комунікаціями, а також світлі та затишні вітальні, що ідеально підходять для

відпочинку чи прийому гостей. У нічній зоні будуть спальні, створені для комфортного сну. Квартири із більшою площею обладнані двома окремими санвузлами для зручності мешканців, тоді як у однокімнатних варіантах ці приміщення об'єднані задля раціонального використання простору. У кожній квартирі є засклена лоджія або балкон, які виконують кілька функцій: додатковий простір для відпочинку та регулювання мікроклімату, забезпечуючи захист від погодних змін - літньої спеки чи зимового холоду.

Також особливу увагу приділила до безпеки в надзвичайних ситуаціях, таких як повітряні тривоги чи обстріли. Через відсутність підвальних укриттів було розроблено інноваційне рішення - створення спеціальних захищених зон на кожному поверсі за принципом «двох стін» (мамак за ізраїльським прикладом). Центральний вузол сходів і ліфтів разом із міжквартирними коридорами створюють спеціальну захищену зону на кожному поверсі за принципом «двох стін» ставши найбільш безпечною частиною будівлі. Зони навколо сходової клітки, ліфтів і тамбурів виконані з цегли завтовшки 380 мм, а в критичних ділянках товщина стін збільшується до 510 мм. Завдяки цьому створено міцне внутрішнє «ядро безпеки», яке захищене від зовнішніх ризиків за допомогою багатошарової ізоляції та посиленних зовнішніх стін і засклених ділянок.

Зручне розташування захищених зон дозволяє мешканцям швидко залишити свої квартири в разі загрози та знайти надійне тимчасове укриття в спільних просторах, таких як коридори чи сходові площадки. Товсті цегляні стіни забезпечують надійний рівень захисту, а протипожежні й протиударні двері без скляних елементів додатково гарантують безпеку. Завдяки цьому комплексному підходу жителі не лише отримують сучасне й комфортне житло, але й можуть почуватися максимально захищено навіть у найнепередбачуваніших обставинах.

Сполучення між поверхами забезпечується через укріплений сходово-ліфтовий вузол. Сходи виконані зі збірних залізобетонних маршів із майданчиками. Ширина сходового маршу становить 1,20 метра, а ширина всього сходового простору 2,50 метра, що відповідає будівельним нормам і забезпечує

зручну евакуацію людей або швидкий перехід до сховища. Нахил сходів складає 1:2 (висота сходинки - 150 мм, ширина - 300 мм), що робить їх комфортними для використання як літніми людьми, так матерями з дітьми. Поряд із сходами розташована окрема залізобетонна шахта для пасажирського ліфта вантажопідйомністю 630 кг.

У проєкті враховані елементи інклюзивності та безбар'єрного доступу. Вхід до будівлі розташований на рівні землі без високих сходинок і порогів. Це дозволить безперешкодний доступ всередину людям на інвалідних візках і батькам із дитячими колясками. Загальна ширина коридорів складає 1,60 метра, що забезпечує комфортний прохід, навіть для кількох осіб одночасно. Вхідні двері в під'їзді мають ширину понад 1 метр, а кабіна ліфта збільшена, щоб маломобільні мешканці могли легко користуватися ним.

1.5 Конструктивні рішення будинку

Для реалізації проєкту було обрано безкаркасну конструкцію з поздовжніми та поперечними цегляними стінами, що є перевіреним часом рішенням. Масивні стіни надійно утримують збірні залізобетонні плити перекриття. Створюючи посилений захист в центральній частині поверхів, покликано вберегти мешканців у разі небезпечних ситуацій. Основні несучі елементи конструкції розраховані від верхніх поверхів до фундаменту, забезпечуючи максимальну стабільність будівлі.

Геологічні умови включають щільні тугопластичні суглинки та підземні води, які залягають на значній глибині, дозволили встановити стрічковий збірний залізобетонний фундамент неглибокого закладення. Він розташований на глибині 2,7 метра від рівня землі.

Конструкція фундаменту складається з двох ключових частин. Дно котловану вирівнюється піщаним шаром завтовшки 100 мм, після чого на нього укладаються широкі залізобетонні подушки типу ФЛ. Вони рівномірно розподіляють навантаження від конструкції на ґрунт. Далі на подушки із

перев'язкою швів монтуються блоки ФБС, які кріпляться цементно-піщаним розчином. Тоді утворюються міцні підземні стіни технічного підпілля, де прокладаються основні системи водопостачання та водовідведення. Щоб захиститись від вологи передбачено укладання двох шарів рулонного гідроізоляційного матеріалу на верхніх блоках. Крім того, всі зовнішні залізобетонні поверхні ретельно обробляються гарячою бітумною мастикою у два шари, що гарантує додаткову водонепроникність і захист від зовнішніх впливів.

Стіни будинку виконують важливі функції, такі як забезпечення міцності також вони підтримують перекриття, захищають від сильних морозів взимку і створюють безпечне середовище під час повітряної тривоги. Зовнішні несучі стіни мають загальну товщину 510 мм і складаються з двох шарів якісної керамічної цегли марки М125, які з'єднуються цементно-піщаним розчином марки М100. Щоб споруда була міцніша було використано горизонтальні шви у які закладається сталеву арматурною сіткою. Зовнішня поверхня стін утеплюється мінеральною ватою.

Внутрішні стіни важливі для поділу простору в квартирах і захищають основні частини будівлі. Їхня товщина становить 380 мм, це покращить звукоізоляцію і додатково захищає від уламків. У місцях, де стіни підтримують важкі перекриття, їх товщина збільшується до 510 мм. Такі дії допоможуть уникнути надмірного навантаження і забезпечити стабільність конструкції. Міжкімнатні перегородки в квартирах не несуть навантаження і зазвичай мають товщину 120 мм.

Міжповерхове перекриття та покрівля виконують роль єдиної надійної горизонтальної конструкції, яка забезпечує загальну стійкість будівлі. Я обрала збірні залізобетонні круглопустотні плити завтовшки 220 мм. Завдяки своїй пустотілій структурі вони важать значно менше, ніж монолітні варіанти, але при цьому зберігають високі несучі властивості та забезпечують ефективну шумоізоляцію між поверхами. Плити встановлюються на капітальні цегляні стіни з мінімальною глибиною опори 120 мм. Після укладання елементи надійно

з'єднуються між собою і з зовнішніми стінами за допомогою сталевих анкерів, а шви ретельно заповнюються цементним розчином. Така ж технологія використовується для перекриття над шостим поверхом, який є останнім житловим та технічним рівнем.

Дах будівлі буде плоским додатково на ньому буде встановлено, внутрішню систему для збору дощової та талої води. Вода буде стікати до спеціальних воронок, які розташовані в центрі даху, щоб уникнути її стікання по стінах. Конструкція даху складається з кількох шарів: основою є залізобетонна плита технічного поверху, на яку покладається пароізоляція. Далі встановлюються мінераловатні плити високої щільності, призначені для плоских дахів. Після чого наноситься цементно-піщана стяжка з ухилом приблизно 2% у бік воронки для збору води. Кінцевим кроком буде вкладання багатошарового гідроізоляційного килима з якісного євроруберойду, який буде укладається гарячим способом. Така багатошарова покрівля дозволяє використовувати дах як експлуатовану площу, де можна встановлювати міцні металеві каркаси з нахилом для монтажу сонячних панелей.

1.6 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Мета цього завданням порахувати і обрати відповідний шар мінеральної вати, щоб будинок відповідав всім стандартам. Волинська область належить до першої кліматичної зони України. Тому він потребує підвищених вимог до теплоізоляції, загальний опір теплопередачі стін має становити щонайменше 4 одиниці. Для досягнення максимальної енергоефективності рекомендовано навіть перевищити цей показник. У ролі проектувальника я проведу розрахунки і досліди щоб, обґрунтувати необхідну товщину утеплювача.

Фасадні стіни скрадатимуться з трьох важливих шарів. Перший шар внутрішня цементно-піщана штукатурка товщиною 2 см. Її призначення це вирівнювання поверхні перед фінальним оздобленням. Другий шар несуча стіна із силікатної цегли товщиною 510 мм. Третій шар для ізоляції шар мінераловатні плити. Чим менша теплопровідність, тим ефективніше матеріал утримує тепло.

Внутрішня штукатурка разом із силікатною цеглою мають відносно високі показники теплопровідності через свою щільність. Після аналізу основної стіни з урахуванням повітряної плівки отриманий тепловий опір склав близько 0,81 одиниці. Це значення свідчить про недостатні ізоляційні властивості стіни, оскільки до нормативного показника не вистачає ще 3,19 одиниць теплового опору, було вирішено додати шар мінеральної вати.

Найефективнішим матеріалом для утеплення, було обрано з мінеральну вату, завдяки низькому коефіцієнту теплопровідності, який становить 0,042. Для розрахунку необхідної товщини утеплювача різниця між нормативним та фактичним рівнями опору була помножена на цей показник. У результаті вийшла величина 0,134 метра, або 134 мм. Серед доступних плит на ринку це значення було округлено до найближчого стандарту 150 мм. Така товщина забезпечує загальний опір конструкції на рівні 4,35 одиниць, що перевищує мінімальний нормативний показник. Таким чином, обрана товщина утеплення сприятиме підвищенню енергоефективності будівлі. Воно гарно втримуватиме тепла взимку, створить комфортні умови для мешканців і водночас скоротить витрати на опалення приміщень.

РОЗДІЛ 2.

Розрахунково-конструктивний

2.1 Вихідні дані для проектування та збирання навантажень

Цей розділ розповість про основні моменти на які потрібно звертати увагу при оцінці міцності та стійкості будівель. Най головніше було визначити загальне навантаження, яке діє на фундамент, стіни першого поверху та міжповерхові перекриття. Щоб зробити точніші розрахунки навантаження, його розділяють на дві категорії: постійні (наприклад, вага будівельних матеріалів) і тимчасові (які виникають, наприклад, через людей, природні явища, такі як сніг чи вітер). Всі потрібні розрахунки виконуються відповідно до стандартів документа "ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування."

Розрахунок навантажень включає в себе множення фактичної ваги матеріалів на коефіцієнт надійності. Цей коефіцієнт додає запас міцності, що враховує можливі ризики, такі як зміна товщини матеріалів або збільшення навантаження через складні погодні умови, зокрема сильні снігопади.

Додаємо таблицю для детального аналізу постійних і тимчасових навантажень. Вона містить розрахункові дані для оцінки навантаження на кожен квадратний метр міжповерхових перекриттів, що допомагає точніше зрозуміти, як ці фактори впливають на різні елементи конструкції будівлі. Дані можна глянути в таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1.

| Елементи конструкції (шари підлоги та плита) | Нормативне навантаження, кг/м ² | Коефіцієнт надійності | Розрахункове навантаження, кг/м ² |
|--|--|-----------------------|--|
| Керамічна плитка або ламінат з підкладкою | 20 | 1,2 | 24 |
| Цементно-піщана стяжка (товщина 40 мм) | 88 | 1,3 | 114 |
| Звукоізоляційний шар (пінополістирол) | 5 | 1,2 | 6 |

| | | | |
|--|-----|-----|-----|
| Збірна залізобетонна плита покриття (220 мм) | 320 | 1,1 | 352 |
| Разом постійне навантаження: | 433 | | 496 |
| Корисне навантаження у квартирах (люди, меблі) | 150 | 1,3 | 195 |
| Всього навантаження на покриття: | 583 | | 691 |

Додатково було аналіз даних про навантаження на плоскому даху. З огляду на те, що я не роблю підвалу і перемістили частину обладнання на верхній поверх. На даху я маю намір також встановити сонячні панелі, я врахувала їхню вагу до розрахунків. Інформацію про навантаження можна на дах можна побачити в таблиці 2.1.2.

Таблиця 2. 1. 2.

| Елементи конструкції покрівлі та обладнання | Нормативне навантаження, кг/м ² | Коефіцієнт надійності | Розрахункове навантаження, кг/м ² |
|--|--|-----------------------|--|
| Захисний шар євроруберойду (кілька шарів) | 15 | 1,2 | 18 |
| Цементна стяжка для ухилу води | 66 | 1,3 | 86 |
| Жорсткий мінераловатний утеплювач (150 мм) | 25 | 1,2 | 30 |
| Пароізоляційна плівка | 2 | 1,2 | 2 |
| Збірна залізобетонна плита покриття (220 мм) | 320 | 1,1 | 352 |
| Вага стійок та сонячних фотопанелей | 30 | 1,2 | 36 |
| Разом постійне навантаження на дах: | 458 | — | 524 |
| Снігове навантаження (норма для м. Луцьк) | 134 | 1,4 | 188 |
| Всього навантаження на покриття: | 592 | — | 712 |

В розрахунку стін першого поверху та фундаментів до уваги слід брати не лише навантаження від перекриттів і даху, але й власну вагу стін, побудованих із селікатної цегли. Наприклад, один погонний метр зовнішньої стіни шириною 510 мм, який додатково утеплений шаром теплоізоляції товщиною 150 мм та вкритий штукатуркою, створює стандартне навантаження близько 920 кг на кожен метр висоти. Усі ці параметри, включаючи навантаження на перекриття (691 кг/м^2) та на дах (712 кг/м^2), визначаються на основі офіційних довідкових даних і слугують базою для проектування. У подальшому ці розрахункові показники застосовуються для аналізу міцності залізобетонної плити. А також оцінки рівня стискання цегляних стін першого поверху під дією загального навантаження будівлі.

2.2 Розрахунок та конструювання збірної залізобетонної плити перекриття

Щоб провести розрахунок була обрана стандартна залізобетонна круглопустотна плита перекриття, розташована над житловими приміщеннями типового поверху будинку. Відповідно до архітектурних креслень її номінальні розміри становлять 6,0 м в довжину та 1,2 м в ширину. Головна ціль цих розрахунків це перевірка плити на відповідність критеріям першої групи граничних станів (міцності та несучої здатності) і другої групи (жорсткості та максимально допустимих прогинів). Ці розрахунки дозволять визначити, чи здатна плита витримати задане навантаження, яке включає вагу людей, меблів, стяжки та плитки згідно з даними таблиці 2.1.1.

Плита виготовлена з важкого конструкційного бетону класу В30. Для компенсації розтягувальних зусиль в нижній ділянці плити, де зосереджені максимальні згинаючі моменти, використовується високоміцна арматура класу А500С з гарячекатаним профілем. Для забезпечення максимальної точності розрахунків були систематизовані всі геометричні параметри, а також характеристики міцності плити та її матеріалів у таблиці 2.2.1.

Таблиця 2.2.1.

| Назва інженерного показника та характеристики матеріалів | Нормативне (номінальне) значення | Коефіцієнт надійності | Розрахункове значення | Одиниці виміру |
|--|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| Розрахунковий проліт плити (відстань між опорами L_0) | 5,85 | 1 | 5,85 | метра |
| Конструктивна ширина залізобетонного виробу (b) | 1,18 | 1 | 1,18 | метра |
| Загальна висота (товщина) плити (h) | 220 | 1 | 220 | міліметрів |
| Міцність важкого бетону класу В30 на стиск ($R_{bn} \rightarrow R_b$) | 22 | 1,3 | 17 | МПа |
| Міцність робочої арматури класу А500С на розтяг ($R_{sp} \rightarrow R_s$) | 500 | 1,15 | 435 | МПа |

Рівномірно розподілене навантаження на перекриття становить 691 кг на квадратний метр. З урахуванням ширини плити, яка дорівнює 1,18 метра, лінійне навантаження на кожен метр довжини плити становить близько 815 кг. Максимальна деформація плити спостерігається в центрі прольоту. Згідно зі стандартними формулами будівельної механіки, при такому навантаженні найбільший згинальний момент становить 3,49 тони на метр (34,9 кН·м). Щоб уникнути тріщин у конструкції, було проведено розрахунок площі арматурних стержнів у нижній частині плити, використовуючи високоміцний бетон класу В30. Результати показали, що для забезпечення міцності конструкції потрібно використовувати чотири поздовжні арматурні стержні діаметром 12 мм. Завдяки відмінним характеристикам бетону вдалося створити перекриття з значним запасом міцності.

Наступним кроком, було проведено додатковий аналіз другої групи граничних станів, який включає перевірку стійкості плити до прогину під навантаженням від меблів і динамічними впливами від пересування людей. Використання бетону класу В30 дозволило зменшити реальний прогин у центрі кімнати до 1,12 см, що значно менше за допустиме значення згідно з нормами

ДБН - 3 см (1/200 прольоту) для конструкції завдовжки шість метрів. Це показує, що плита має достатню жорсткість. Таким чином, цей вид круглопустотної плити повністю відповідає вимогам технічної документації. Вона має високу міцність і готова до використання згідно з проектною документацією, вказуючи на визначене місце монтажу.

2.3 Розрахунок несучої спроможності цегляного простінка першого поверху

Цей етап проєктування дуже важливий для забезпечення міцності несучих конструкцій шестиповерхового житлового будинку, який проєктується без використання каркасної системи. Оскільки немає залізобетонних колон або монолітного каркаса, основне навантаження беруть на себе капітальні цегляні стіни першого поверху, які є головними вертикальними несучими елементами будівлі. Ці стіни підтримують вагу збірних залізобетонних плит перекриття верхніх поверхів, виготовлених з важкого бетону класу В30. Крім того, вони утримують масу внутрішніх і зовнішніх стін, плоского багат шарового даху, а також експлуатаційні навантаження, включаючи сонячні панелі, інженерне обладнання та сніг, що накопичується взимку на даху. Дані для перевірки міцності за першою групою граничних станів було досліджено найбільш навантажену частину зовнішньої стіни на першому поверсі це капітальний цегляний простінок між вікнами. Архітектурний план показує, що його розміри складають 1,5 метра в ширину та 510 мм в товщину, що відповідає традиційній технології мурування в два ряди цегли.

Матеріал для несучих стін було обрано силікатну цеглу марки М125, яка укладена на цементно-піщаному розчині марки М100. Згідно з діючими будівельними нормами і правилами (ДБН) для кам'яних та армокам'яних конструкцій. В такому випадку розрахунковий опір стиску такої кладки становить 1,5 МПа, що дозволяє витримувати навантаження до 15 кг/см². Однією з особливостей цієї конструкції є те, що збірні залізобетонні плити перекриття спираються тільки на внутрішню сторону стіни. Це призводить до зсуву

вертикальних сил відносно осі простінка, в результаті чого триметрова стіна підлягає як рівномірному стисканню, так і поздовжньому згину. Таке комбіноване навантаження створює додаткові внутрішні напруження в конструкції. Щоб врахувати цей ефект під час розрахунків, застосовується коефіцієнт поздовжнього згину, який для випадку дорівнює 0,89. Більш детально взнати дані можна в таблиці 2.3.1.

Таблиця 2.3.1.

| Назва інженерного показника та характеристики матеріалів кладки | Нормативне значення | Коефіцієнт надійності | Розрахункове значення | Одиниці виміру |
|---|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Конструктивна ширина досліджуваної ділянки стіни (b) | 1,5 | 1 | 1,5 | метра |
| Товщина цегляної стіни першого поверху (h) | 510 | 1 | 510 | міліметрів |
| Розрахунковий опір кладки стиску (цегла М125 / розчин М100) | 2 | 1,33 | 1,5 | МПа |
| Коефіцієнт поздовжнього згину стіни (при висоті поверху 3 м) | 0,89 | 1 | 0,89 | — |
| Загальна площа горизонтального перерізу ділянки (A) | 7650 | 1 | 7650 | см ² |

Після того, як ми підраховали загальні навантаження від усіх верхніх поверхів і покрівлі, стало зрозуміло, що реальна вертикальна сила, яка впливає на стіну на рівні першого поверху, становить $N = 42,5$ т. Щоб перевірити, чи може стіна витримати це навантаження, ми використовуємо основну формулу для розрахунку позацентрового стиску кам'яних елементів.

$$N_{гр} = mg \times \phi \times R \times A$$

У представленій інженерній формулі коефіцієнт тривалості дії навантаження mg для нашої товщини стіни приймається рівним 1,0. Символ ϕ позначає коефіцієнт поздовжнього згину, значення якого становить 0,89.

Показник **R** відповідає розрахунковому опору цегляної кладки на стиск і дорівнює 15 кг/см². Тоді як **A** відповідає загальній корисній площі перерізу розглянутої ділянки стіни, що складає 7650 см². Підставивши наші значення у формулу і отримаємо нашу максимальну вагу **N_{гр}**, яку може витримати цегляна стіна.

$$N_{гр} = 1,0 \times 0,89 \times 15 \times 7650 = 102127,5 \text{ кг} \approx 102,1 \text{ тонни}$$

Розрахунок показав, що максимальна сила, яку може витримати наша цегляна стіна, дорівнює 102,1 тонни. Щоб прийняти остаточне інженерне рішення, ми проведемо порівняння фактичного тиск від шести поверхів будинку з максимальним значенням.

$$N = 42,5 \text{ тонни} \leq N_{гр} = 102,1 \text{ тонни}$$

Умова міцності виконується і дотримується. Реальне навантаження від будівлі вдвічі з половиною менше від максимально допустимого для цегляної кладки. Наш стіновий каркас має значний запас міцності, що забезпечує повну стабільність конструкції мого будинку. Обране конструктивне рішення є продуманим, безпечним і надійним для використання.

2.4 Розрахунок та проектування стрічкового залізобетонного фундаменту

Ключову роль у розрахунково-конструктивній частині роботи, опираються на логічні та інженерні принципи. Вся вага будівлі розподіляється між несучими та самонесучими цегляними стінами, які мають надійно й рівномірно передавати значне вертикальне навантаження на природний ґрунт. Метою цих розрахунків це визначення потрібної ширини підшви стрічкового фундаменту зі збірного залізобетону для нижнього рівня конструкції. Фундаментна стрічка повинна мати чітко задані габарити: її ширина не може бути надто вузькою, щоб запобігти нерівномірному або надмірному осіданню під вагою шестиповерхової будівлі. Недостатня ширина підшви здатна спричинити деформації споруди та появу

тріщин на фасадній штукатурці, що негативно позначиться на технічних характеристиках будинку. Відповідно до інженерно-геологічних досліджень ділянки на вулиці В'ячеслава Чорновола, згаданих у пункті 1.2, встановлено, що ґрунт складається з легкого тугопластичного суглинку. Розрахунковий опір цього типу ґрунту є стабільним і становить $2,2 \text{ кг/см}^2$ або 220 кПа , що відповідає чинним стандартам інженерної практики.

Глибина залягання основи нашого фундаменту становить 2,7 метра вниз від поверхні землі. Така глибина забезпечить надійний захист від промерзання ґрунту в умовах клімату Волинської області. Така конструкція гарантує стабільність опорного шару суглинку та створить відповідне середовище для підлоги першого поверху. За результатами проведених розрахунків, загальна вага капітальної цегляної стіни шириною 510 міліметрів на кожен погонний метр фундаменту в його обрізній частині складає 18,5 тонни. Ширину подошви визначено на основі обчислювання формул теорії основ і фундаментів, з урахуванням рівномірного розподілу вертикального навантаження на розрахунковий опір суглинку. У розрахунках також враховано вагу бетонних блоків фундаменту і ґрунту, який заповнюється після завершення зворотної засипки котловану. Системний інженерний аналіз дав можливість найкраще підібрати характеристики стрічкового фундаменту, щоб вони повністю відповідали технічним вимогам для підтримки несучих конструкцій стін і перекриттів. Детальніше параметри можна побачити в таблиці 2.4.1.

Таблиця 2.4.1.

| Параметр розрахунку фундаменту та ґрунтової основи | Позначення | Отримане інженерне значення | Одиниці виміру | Примітка Розрахункова умова |
|---|------------|-----------------------------|--------------------|---|
| Розрахунковий опір несучого суглинку основи | R0 | 02.Лют | кг/см ² | Дані інженерної геології для м. Луцьк |
| Повне вертикальне навантаження від стіни будинку на 1 м | N | 18.Гра | тонн / метр | Навантаження на рівні обрізу фундаменту |

| | | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|--|
| Необхідна мінімальна розрахункова ширина підшви | b _ф | 01.Кві | метра | Теоретичний розрахунок за ДБН |
| Прийнята за каталогом марка збірної подушки | - | ФЛ 14.24-2 | стандарт ДСТУ | Стандартний залізобетонний елемент |
| Фактичний середній тиск під підшвою на суглинок | p | Січ.84 | кг/см ² | Розрахункове значення під уступами |
| Перевірка міцності основи (p ≤ R ₀) | - | Умова виконана | - | 1.84 кг/см ² ≤ 2.2 кг/см ² (Запас ε) |

З даних таблиці 2.4.1. видно, що фактичний середній тиск який діє на тугопластичний суглинок під фундаментом складає 1,84 кг/см². Для того щоб провести підсумок проведених розрахунків, була проведена остаточна перевірка основної умови міцності основи. Під час підрахунків порівняли фактичний тиск з нормативним опором ґрунту. В результаті показники показують, що значення 1,84 кг/см² не перевищує нормативне значення 2,2 кг/см², яке відповідає встановленим вимогам.

Оскільки реальний тиск під фундаментом знаходиться в межах допустимих значень, тоді основа має достатню міцність. Це підтверджує правильний вибір параметрів для стрічкового фундаменту та залізобетонних подушок типу ФЛ 14.24-2. В разі осідання шестиповерхового енергоефективного будинку в місті Луцьк. Завдяки проведеній роботі осідання буде рівномірним і стабільним з часом, а його величина не перевищить встановлені норми. Такі умови гарантують довговічність і безпечну експлуатацію конструкції.

РОЗДІЛ 3.

Технологія та організація будівельного виробництва

3.1 Визначення номенклатури та обсягів будівельно-монтажних робіт

У цьому розділі, будемо опиратися на результати розрахунків які провела раніше. Було складено детальний перелік ключових будівельних, монтажних та допоміжних робіт, необхідних для поетапного зведення житлового будинку. Зазначені роботи являють собою основоположний будівельний процес, який став орієнтиром при організації планування виробничих заходів. Наведена інформація дає можливість точно визначити оптимальний набір будівельних машин та механізмів. Встановити необхідну чисельність спеціалістів у кожній робочій бригаді відповідно до їх професій, а також розрахувати потребу в матеріалах й скласти реалістичний лінійно-календарний графік виконання робіт. Розрахунки були здійснені на основі затверджених архітектурно-планувальних рішень, викладених у розділі 1. Також враховуємо технічні характеристики конструктивних елементів, таких як перекриття, стіни та інші компоненти, про які йшлося у розділі 2. Усі роботи будуть проводитись в межах будівельних норм і правил, із дотриманням стандартних шаблонів та технічних умов. Стосовно і будівельних матеріалів, так і готових заводських виробів. Важливо відмітити, що ці вимоги спрямовані на дотримання вимогам відповідності проекту чинним національним нормам і стандартам. Усі технічні напрацювання й архітектурні рішення проекту будуть повністю відповідають нормам і регламентам, що гарантує його якість і безпеку.

В процесі створення номенклатури було необхідно провести детальне опрацювання проектної документації. Завдяки поетапному розбиттю всього будівельного процесу на взаємопов'язані стадії. Підприємства, будівельні організації і організації з капітального монтажу чітко розділяються на три головні технологічних комплекси. А саме підземний, наземний та оздоблювально-спеціальний для раціональної організації робіт та забезпечення

їх безперервності. Кожен з цих комплексів має свої умови, що передбачає використання спеціального обладнання та кваліфікованих фахівців в тому напрямку.

Підземний цикл, також називають «нульовим», включає в себе всі роботи з будівництва, що проводяться нижче рівня підлоги першого поверху. Відповідно до геологічних досліджень, було затверджено, що основним матеріалом для стрічкового фундаменту служить легкий тугопластичний суглинок. Відповідно, першим етапом цього циклу було ретельне підготування ділянки з точним дотриманням встановлених інженерних норм. Земельні роботи охоплюють:

1. механізоване зняття рослинного шару ґрунту за допомогою бульдозерів;
2. видалення мінерального шару ґрунту в котловані екскаватором із зворотною лопатою, який одночасно завантажує залишки в самоскиди для вивезення;
3. виконання завершальних ручних робіт на дні котловану з метою збереження природної структури суглинку.

Наступним кроком є створення щільного шару піску, після чого встановлюються збірні залізобетонні подушки типу ФЛ 14.24-2, а також стінові блоки для підвалу і технічного підпілля типу ФБС. Завершення цього етапу передбачає нанесення вертикальної та горизонтальної обмазувальної гідроізоляції, яка ефективно захищає конструкції будівлі від проникнення капілярної вологи. Після цього виконується зворотне засипання ґрунту зі щільним поетапним ущільненням за допомогою пневматичних трамбувальних пристроїв.

Надземна частина будівництва є довготривалою і має дуже важливе значення. Оскільки саме на цей етап припадає укладання фундаменту для нашої будівлі. Особливістю цієї технології є монтаж панельних збірних конструкцій разом з кам'яними роботами. Під час надземного етапу виконують роботи з укладання зовнішніх несучих стін, які мають товщину 510 мм і виконані з міцної силікатної цегли марки М125. Також укладають внутрішні капітальні стіни, які

виготовлені з силікатної цегли товщиною 380 мм, а в коридорах встановлюють потовщені захисні бар'єри. На поверхню кладуть збірні плити перекриття, які виготовлені з важкого бетону класу В30. Особливу увагу приділяють армуванню швів, фіксації панелей між собою і стінами, щоб створити жорсткі горизонтальні системи. На останньому етапі надземного циклу виконують укладання внутрішніх перегородок між кімнатами та квартирами. Пізніше будують складний багатошаровий дах, який виготовлений з пароізоляції, з ухилом в центрі. Твердим утеплювачем та якісним водонепроникним килимом, який виготовлено з сучасних рулонних матеріалів.

Завершальні роботи мають на меті приготувати будівлю до експлуатації, підвищити її теплоізоляцію, та підключення системи відновлювальної енергії. Після утеплення зовнішніх стін мінеральною ватою розміром 150 мм наноситься захисна і декоративна штукатурка за методом "мокрого фасаду". Внутрішні роботи включають в себе встановлення металопластикових вікон з енергоефективними склопакетами. Заповнення дверних прорізів, покращення внутрішньої штукатурки перед фінальною обробкою, вирівнювання підлоги за допомогою стяжки. Особливістю проекту є встановлення несучих металовиробів та сонячних панелей загальною потужністю 40 кВт на даху. Інформацію про обсяги робіт можна побачити в таблиці 3.1.1.

Таблиця 3.1.1

| № з/п | Найменування будівельно-монтажних робіт | Одиниці виміру | Розрахунковий обсяг робіт |
|-------|--|----------------------|---------------------------|
| 1 | Підземний цикл (роботи «нульового» циклу) | | |
| 1.1 | Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером з переміщенням | м ² | 1250 |
| 1.2 | Розробка ґрунту в котловані екскаватором з навантаженням в автосамоскиди | м ³ | 2450 |
| 1.3 | Влаштування піщаної підготовки під підшву фундаментів (100 мм) | м ³ | 45 |
| 1.4 | Монтаж збірних залізобетонних подушок фундаменту марки ФЛ 14.24-2 | шт. / м ³ | 114 / 85 |
| 1.5 | Монтаж збірних бетонних блоків стін підвалу та технічного підпілля ФБС | шт. / м ³ | 320 / 280 |

| | | | |
|-----|---|-----------|------------|
| 1.6 | Влаштування обмазувальної вертикальної гідроізоляції поверхонь фундаменту | м2 | 480 |
| 2 | Надземний цикл (зведення основних конструкцій) | | |
| 2.1 | Мурування зовнішніх несівних стін із силікатної цегли (товщина 510 мм) | м3 | 1380 |
| 2.2 | Мурування внутрішніх стін та захисного ядра безпеки (380-510 мм) | м3 | 820 |
| 2.3 | Монтаж збірних круглопустотних плит перекриття та покриття (бетон В30) | шт. / м2 | 264 / 1920 |
| 2.4 | Мурування внутрішніх міжкімнатних перегородок (товщина 120 мм) | м2 | 1150 |
| 2.5 | Влаштування багат шарового «пирога» плоского суміщеного даху | м2 | 320 |
| 3 | Оздоблювальний та спеціальний технологічний цикл | | |
| 3.1 | Утеплення фасадів мінеральною ватою (150 мм) з декоративною штукатуркою | м2 | 1420 |
| 3.2 | Встановлення енергоефективних віконних блоків та балконних дверей | м2 | 380 |
| 3.3 | Внутрішнє поліпшене штукатурення стін та влаштування стяжок підлоги | м2 | 4600 |
| 3.4 | Монтаж опорних метало конструкцій та сонячних фотопанелей на покрівлі | кВт / шт. | 40 / 112 |

На основі визначених фізичних обсягів робіт, наведених у таблиці 3.1.1., здійснюється інженерне обґрунтування та детальний розрахунок необхідних основних стінових матеріалів і обладнання відновлюваної енергетики для будівельного об'єкта. Це має вирішальне значення для оптимальної організації будівельних робіт і ефективного планування складських площ. Для будівництва шестиповерхового об'єкта як основний стіновий матеріал обрано силікатну одинарну цеглу марки М125. Згідно з пунктами 2.1 та 2.2 проектної документації, загальний обсяг цегляної кладки (включно із зовнішніми стінами товщиною 510 мм та внутрішніми стінами товщиною 380 -510 мм) становить:

$$1380 \text{ м}^3 + 820 \text{ м}^3 = 2200 \text{ м}^3$$

Відповідно до чинних державних будівельних норм України, для одного кубічного метра 1 м³ чистої кладки. Врахувавши товщини розчинних швів,

необхідно 394 штуки одинарної цегли. Таким чином, розрахункова потреба в цьому матеріалі складає:

$$2200 \text{ м}^3 \times 394 \text{ шт./м}^3 = 866 \text{ 800 штук}$$

Для урахування фактичних умов на будівельному майданчику до цієї кількості додається нормативний технологічний запас у розмірі 3%. Він призначений для покриття можливих втрат цегли внаслідок бою під час транспортування та виконання малярних робіт:

$$866 \text{ 800} \times 1,03 = 892 \text{ 800 штук}$$

Враховуючи, що силікатна цегла постачається на об'єкт пакетами на стандартних піддонах (по 200 штук), загальна кількість матеріалу, що має бути піднята та подана баштовим краном КБ-403 на будівельні ділянки протягом всього періоду надземного будівництва, становитиме 4464 піддони.

Узагальнивши отримані результати, можна зробити висновок, що конструктивні рішення будівлі мають високотехнологічний характер. Усі обсяги робіт відповідають графічним матеріалам розділу «Архітектура». Кількісні показники залізобетонних елементів, об'єми цегляної кладки та специфікація довгомірних круглопустотних плит покриття наведені в цьому розділі. Математичний підхід до вибору найефективнішого монтажного крана - проведення вибору за допомогою ваги найважчих елементів та геометричних розмірів шести поверхової будівлі.

3.2 Вибір методів виконання робіт та провідних будівельних машин

У цьому розділі пояснюється вибір основних технологій для виконання будівельно-монтажних робіт, а також визначаються основні будівельні машини й механізми з огляду на їх техніко-економічні характеристики. Раціональний підхід до організації будівництва та добір відповідної техніки безпосередньо впливають на темпи виконання робіт. Ступінь механізації праці, рівень безпеки

працівників на будівельному майданчику та загальну вартість зведення шести-поверхових житлових будинків на вулиці В'ячеслава Чорновола. Головним обладнанням для виконання робіт на надземних поверхах є монтажний кран. Він забезпечує виконання ключових завдань: доставка палет із силікатною цеглою М125 до мулярських підмостків, розвантаження матеріалів із транспорту, Також установка збірних круглопустотних плит перекриття з високоміцного бетону класу В30 на монолітні основи.

Для підземного циклу робіт обрано механізований спосіб видобування ґрунту. Зняття рослинного шару виконується за допомогою бульдозера, базованого на гусеничному тракторі. Розробку мінерального шару легкого тугопластичного суглинку в котловані здійснює одноковшевий екскаватор із задньою лопатою, місткість ковша якого становить 0,65 м³. На початкових етапах монтаж збірних залізобетонних фундаментних подушок ФЛ 14.24-2 і стінових блоків ФБС проводиться за допомогою стрілового автомобільного крана. Його вантажопідйомністю 16 тонн, що забезпечує високу мобільність та ефективність виконання робіт нульового циклу.

Під час будівництва шести поверхових будинків, враховуючи висоту будівлі, використання безкаркасної конструкції і загальну висоту для робіт у наземному етапі. Найкращим варіантом є застосування стаціонарного баштового крана, який працює на рейковому шляху або приставному ході. Вибір конкретної моделі крана здійснюється на основі розрахунку трьох головних параметрів: потрібної грузопідйомної здатності, максимальної висоти, на яку може піднятися крюк, та найбільшої відстані дії стріли, щоб з'ясувати, який кран забезпечить покриття всієї геометрії будівлі.

Першим критерієм є встановлена вантажопідйомність крана. Вона обчислюється залежно від ваги найважчого елемента, який буде встановлюватися в проєкті, та ваги пристрою, який утримуватиме вантаж. У моєму проєкті таким елементом є збірна порожниста кругла залізобетонна плита перекриття. Довжина якої 6,0 метра та шириною 1,2 метра, виготовлена з важкого бетону класу В30, її вага становить 2,4 тонни. На основі розрахунку було

обрано що, для утримання вантажу використовуються чотирьохвітковий строп, кожен з яких має вагу 0,1 тонни. Тому мінімальна допустима вантажопідйомність крана на найбільшому вильоті стріли має бути 2,5 тонни або більше.

Другим із ключових аспектів у плануванні будівельних робіт із застосуванням баштового крана є визначення необхідної висоти підйому гака. Ця величина обчислюється як відстань від поверхні землі до верхньої точки, в якій розташовується конструкція, що монтується. Зокрема, для нашого проєкту будівництва будівлі з шести поверхів, кожен з яких має висоту 3 метри. Також необхідно врахувати додаткові параметри, такі як технічний верхній рівень і висота парапета. Сукупно це становить 19,5 метра. Враховуючи це значення слід додати запас висоти для забезпечення безпеки під час монтажу. Він охоплює простір між нижньою частиною плити, що транспортується, та верхньою частиною зведеної стіни. Висоту самої плити, а також висоту стропів у стані повного розтягнення становить приблизно 2,5 метра. Таким чином, мінімальна необхідна висота підняття гака баштового крана над рівнем рейкового полотна повинна складати щонайменше 22,72 метра.

Третім важливим параметром є максимальна досяжність стріли крана, що визначає максимальну відстань від осі обертання башти до найвіддаленішої точки споруди. Це включає ширину будівлі, встановлені стандартами відстані безпеки між стінами споруди та крановими рейками, а також ширину підкранової платформи. З огляду на геометричні особливості та вимоги будівельної ділянки, розрахункове значення досяжності стріли має становити не менше 24 метрів. Це гарантує охоплення всієї будівельної площі в зоні дії крана. Воно забезпечує можливість безпечного виконання монтажних операцій на кожному етапі будівництва.

Усі розрахункові інженерні параметри, необхідні для точного вибору будівельної машини, подано в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1.

| Назва робочого параметра машини | Позначення | Формула або складові розрахунку | Необхідне розрахункове значення | Одиниці виміру |
|--------------------------------------|------------|--|---------------------------------|----------------|
| Необхідна вантажопідйомність крана | Qнеоб | Вага плити (2,4 т) + вага стропа (0,1 т) | 2,5 | тонн |
| Мінімальна висота підйому гака | Hгака | Висота будинку (19,5 м) + запас (0,5 м) + строп (2,72 м) | 22,72 | метра |
| Максимальний необхідний виліт стріли | Lстріли | Ширина будинку + безпечна відстань до колії | 24 | метра |

Було порівняно заводські каталоги будівельної техніки за сукупністю технічних характеристик на основі отриманих розрахункових даних, наведених у таблиці 3.2.1. Після аналізу на будівництво об'єкта було обрано баштовий кран марки КБ-403. За паспортними даними цей кран з максимальною відстанню стріли 25,0 має вантажопідйомність 3,0 тонни, а максимальна висота підйому гака становить 41,0 метр при горизонтальному положенні стріли. Було проведено кінцеву інженерну перевірку підібраної машини за трьома параметрами:

1. Фактична вантажопідйомність крана КБ-403 (3,0 т) є більшою за необхідну розрахункову (2,5 т).
2. Фактична висота підйому гака (41,0 м), що значно перевищує мінімальну необхідну (22,72 м).
3. Виліт стріли (25,0 м) повністю покриває необхідні проектом 24,0 метри.

Таким чином, баштовий кран КБ-403 відповідає всім технічним вимогам. Конструкція буде високотехнологічною та добре організованою завдяки своїй експлуатації, що забезпечує безпеку підйому вантажів, дозволяє безперешкодно

встановлювати важкі трубчасті плити з бетону класу В30 та забезпечує дах для встановлення сонячних панелей.

3.3 Розробка технологічної карти на провідний будівельний процес

Цей розділ присвячений створенню детальної технологічної карти для виконання основного процесу будівництва нашої шести поверхової будівлі. Він охоплює комплексний процес виробництва типового поверху, який утворюється шляхом злиття двох видів робіт у одному технологічному потоці. А саме кладки капітальних стін з силікатної цегли марки М125 та паралельного монтажу збірних залізобетонних круглопустотних плит перекриття. Під час проектування технологічної карти встановлюється чітка послідовність виконання робіт. Потрібне раціональне розташування робочих місць для робітників, додатково забезпечити максимально ефективне використання баштового крана КБ-403. Важливо дотримуватися нормативних вимог щодо якості та безпеки праці під час виконання кам'яних та монтажних робіт.

Організація робіт з кам'яних конструкцій на поверсі виконувалася за методом потоково-розчленування. Для цього вся будівельна площа була поділена на дві ділянки однакового обсягу робіт, які відповідали захваткам. На першій захватці мулярі встановлювали стіни на висоту одного ярусу. Одночасно на другій захватці проводилися підготовчі роботи, встановлювалися риштування, завозилася цегла та розчин. Робоче місце мулярів при будівництві стін поділене на три зони, які зв'язані між собою:

- робочу зону, де виконувалися основні операції;
- зону складування матеріалів, де на піддонах розміщувалася цегла та стояли ящики з розчином;
- прохідну зону, яка використовувалася для руху робітників та контролю якості.

Цегла та свіжий цементно-піщаний розчин марки М100 у спеціальних інвентарних ящиках-бадьях об'ємом 0,25 кубічного метра подавалася баштовим

краном безпосередньо з приоб'єктного складу, що мінімізувало ручну роботу та простої техніки.

Будівництво стін виконують бригади, які складаються з двох або трьох осіб, залежно від складності ділянки та кількості вікон. Головним виконавцем є провідний муляр. Він відповідає за проведення порядкових ліній, натягнення шнура для забезпечення горизонтальності кладки та будівництво зовнішнього шару стіни. Також контролює товщину горизонтальних швів 12 мм та вертикальних 10 мм. Муляр з меншою кваліфікацією виконує допоміжні завдання: рівномірно наносить розчин за допомогою ковша-лопатки, подає цеглу та заповнює внутрішню частину кладки. Після закінчення першого яруса будівництва на початковій ділянці баштовий кран КБ-403 переміщує шарнірно-панельні риштування до наступної робочої зони. Цей процес повторюється на другому ярусі, доки висота стіни не досягне рівня поверху, який становить 3 метри.

Коли будівництво основних зовнішніх і внутрішніх стін першого поверху завершено, а залізобетонні перемички над віконними прорізами набули потрібної міцності. Переходимо до монтажу залізобетонних плит перекриття, виготовлених з бетону марки В30. Спершу перевіряється рівність верхніх країв стін за допомогою нівеліра. Після цього на периметр стін наносять шар цементного розчину товщиною 15 мм. Пливу, яка важить 2,4 тонни, піднімають спеціальними петлями за допомогою канатного стропа. Він має чотири секції та захисні замки, щоб забезпечити безпеку під час транспортування та точного встановлення на потрібне місце.

Перша дія на початку роботи така: конструкцію піднімає кранівник баштового крана за сигналом відповідального фахівця, який контролює весь процес. Конструкцію повільно піднімають і переміщують краном до потрібного місця. Там її тримають на невеликій висоті - приблизно на пів метра – над опорними стінами, щоб можна було точно розмістити. Два монтажники, працюючи на безпечних платформах та використовуючи всі засоби захисту. За допомогою спеціальних гнучких направляючих точно фіксують елемент у

потрібному місці, потім плавно його опускають у підготовлений свіжий розчин. Важливо, щоб елемент був вставлений у цегляну стіну не менше ніж на 120 міліметрів. Слід неодмінно перевіряти цю точність за допомогою вимірювальних приладів. Після того, як все було перевірено, що елемент стоїть точно рівно і відповідно до проектних креслень, тоді можна відключити тимчасові кріплення. Потім елемент фіксують міцно металевими анкерами до сусідніх частин і кріплять у щільну кладку з цегли стін. Таким чином він стає необхідною, тривкою горизонтальною частиною, яка забезпечує стабільність і правильну форму всієї будівлі.

Щоб усі роботи виконувалися ефективно, без затримок і з високою якістю, кожна бригада отримує потрібні інструменти, допоміжні пристосування та прилади для точних вимірювань, які правильно організовані в одному списку. В таблиці 3.3.1. записано нормокомплект інструментів та пристроїв для виконання робіт.

Таблиця 3.3.1.

| Назва технологічного інструменту або пристрою | Основне призначення в процесі | Технічна характеристика / Марка | Кількість на бригаду |
|---|---|---------------------------------|----------------------|
| Кельма будівельна (мастерок) | Розрівнювання розчину, підрізання надлишків у швах | Тип КБ за ДСТУ | 6 шт. |
| Молоток-кирочка | Рубання та обтісування силікатної цегли під розмір | Сталевий з дерев'яною ручкою | 4 шт. |
| Ківш-лопата будівельна | Подача та первинне розстеляння розчину по ліжку кладки | Конструкція Максименка | 3 шт. |
| Розшивка для швів | Формування випуклого або ввігнутого шва цегляної кладки | Для лицьових швів (тип РВ) | 4 шт. |
| Висок будівельний інвентарний | Перевірка вертикальності конструкцій стін та кутів | Маса 0,4 кг з лінійкою | 2 шт. |

| | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------------|-------|
| Рівень будівельний сталевий | Контроль горизонтальності рядів мурування та плит | Довжина 800 мм, двокапсульний | 2 шт. |
| Шнур-причалка інвентарний | Забезпечення лінійності та горизонтальності рядів цегли | Капроновий, довжина 50 м | 2 шт. |
| Чотирьохвітковий строп (павук) | Стропування та підйом збірних плит перекриття | Вантажопідйомність 4,0 т (4СК) | 1 шт. |
| Ящик для розчину (баддя) | Прийом розчину від автобетонозмішувача та подача краном | Об'єм 0,25 м ³ | 4 шт. |

Завдяки оптимальному вибору технічних засобів, що зазначено в Таблиці 3.3.1. та ефективній організації будівельного процесу. Зведення шестиповерхової будівлі на вулиці Чорновола виконується в максимально стислі терміни. Це досягається шляхом забезпечення безперебійного робочого циклу. Коли кожен працівник чітко виконує свої функціональні обов'язки та узгоджено взаємодіє з іншими членами команди. Паралельно з муруванням стін відбувається монтування плит перекриття, а інженерний персонал здійснює постійний контроль за роботою кранового обладнання. У результаті термін виконання робіт на одному поверсі скорочується до мінімально можливого. Описаний підхід гарантує ідеальну синхронізацію етапів: на одній ділянці відбувається оперативне та якісне мурування стін з міцної цегли, тоді як на іншій без затримок монтуються та надійно закріплюються залізобетонні плити перекриття.

Раціональне розміщення ресурсів на будівельному майданчику мінімізує простої персоналу та техніки, забезпечуючи максимальну ефективність використання всього обладнання. Під час виконання робіт систематично та ретельно контролюються геометричні параметри, товщина швів та надійність кріплення всіх бетонних елементів. Таким чином, якість наших конструкцій від несучих стін до перекриттів, а також загальна стійкість споруди. Вона відповідає не лише всім встановленим вимогам, а й найсуворішим державним будівельним нормам України. Це є підставою стверджувати, що майбутній об'єкт буде довговічним, міцним та повністю безпечним для експлуатації.

3.4 Календарне планування будівельного виробництва у часі

Розробка повного та детального календарного плану будівництва це основне та фінальне рішення усього інженерно-технологічного розділу проекту. Точніше кажучи, календарний план - це розклад робіт. А точно визначає порядок виконання етапів та час, коли кожен елемент виробничого процесу буде виконано на будівництві, включаючи всі операції без винятку. Першим важливим кроком у цьому складному плануванні є поєднання та збалансування усіх визначених масштабів будівництва. Списку потрібних матеріалів та техніки, вибір найкращого складу робітників та ефективності наявних підйомних машин, особливо крани. Всі деталі вивчені та заплановані, щоб забезпечити чітку організацію всього будівельного процесу. Відповідальне виконання робіт без припинення, рівномірне надходження матеріалів безпосередньо з виробництва. Також синхронізацію дій різноманітного персоналу, мінімізуючи ризики припинення робіт та організуючи виважене розташування спеціалістів та техніки між різними частинами будівлі. Крім того, план враховує об'єктивні технологічні зупинки, наприклад, час на гідратацію цементних розчинів. Та полімеризацію бетону плит перекриття, щоб вони досягли необхідної міцності і були готові витримувати навантаження від подальших елементів будівлі.

Під час створення повного архітектурно-будівельного плану був застосований передовий і дуже ефективний методологічний інструмент потоковий метод організації робіт. Основна ідея цього підходу полягає в тому, що виконання будівельного проекту не зупиняється на завершенні одного великого функціонального блоку. А відбувається поетапно, через безперервні, логічно зв'язані етапи, які називаються потоками або циклами. Коли одна спеціалізована будівельна бригада встигає виконати роботи на своїй ділянці. Це означає, що наступна бригада може почати роботу на тій же технологічній зоні, а перша бригада переходить до іншої, яка вже готова. Час кожного циклу був обчислений і визначений з урахуванням сучасних державних будівельних стандартів. А також враховувалось галузевих норм та показників трудомісткості, за допомогою математичного алгоритму. Він враховує загальний обсяг робіт,

ефективну кількість робітників в бригаді та кількість робочих змін на добу. Календарне планування виконання проекту має чітку послідовність і поділяється на кілька ключових, пов'язаних між собою етапів: підготовчий етап, етап нульового циклу, що включає земляні роботи та зведення фундаментів, етап будівництва надземної частини, завершальні опоряджувальні роботи та етап екологічної рекультивації та благоустрою території.

Кожна фаза будівельного процесу реалізується відповідно до суворих будівельних норм та встановлених галузевих стандартів. Які є невід'ємною гарантією бездоганної якості кінцевого архітектурного витвору. Будівельний цикл стартує з ретельно спланованого підготовчого етапу, який розгортається протягом п'ятнадцяти календарних днів. У межах цього періоду реалізується комплекс критично важливих заходів. Спершу здійснюється встановлення надійного периметрального огороження будівельного майданчика для забезпечення беззаперечної безпеки праці та громадської безпеки. Далі підключаються тимчасові інженерні мережі, зокрема, системи освітлення та водозабезпечення. Виконується прецизійна розмітка майбутніх обрисів стінових конструкцій. Під кінець прокладаються рейкові колії, призначені для оперативного переміщення великогабаритного баштового крана моделі КБ-403, що відіграватиме ключову роль на подальших етапах інсталяційних робіт.

Наступний етап передбачає підземний етап так званий "нульового циклу," що передбачає формування фундаментальної основи споруди. Цей критично важливий етап продовжується протягом понад одного календарного місяця і відноситься до найбільш важливих фаз будівельного процесу. Для розробки котловану у щільних глинистих породах застосовується високопродуктивна екскаваторна техніка. Головне завдання якої - створити міцну несучу опору для майбутньої будівлі. Після цього на дно котловану укладається спеціально підготовлена піщана підстилка, що сприяє оптимальному розподілу статичних і динамічних навантажень. За допомогою баштового крана КБ-403 здійснюється монтаж блоків стінових фундаментних та фундаментних подушок, які утворюють монолітну базу усієї споруди. Паралельно виконується ретельна

гідроізоляція підземних елементів з використанням інноваційних гідроізоляційних композитів. Це забезпечує захист від проникнення ґрунтових вод та атмосферної вологи. По завершенні гідроізоляційних робіт здійснюється зворотна засипка ґрунту. З ретельним пошаровим ущільненням для гарантування просторової стабільності і механічної міцності підземної частини об'єкта. Виключно після детальної інспекції усіх підземних бетонних конструкцій та верифікації їх абсолютної відповідності проектним параметрам. А також нормативним вимогам кваліфікованого інженерно-технічного спеціаліста, настає час переходити до зведення надземної частини.

Етап формування опорних конструкцій охоплює зведення вертикальних огорожувальних конструкцій та горизонтальних міжповерхових перекриттів усіх шістьох рівнів будівлі. Ця фаза розгортається протягом двох календарних місяців. Вона структуровано поділена на два ідентичні періоди з метою оптимізації логістики та прискорення робочих процесів. Протягом першого місяця здійснюється будівництво перших трьох поверхів, а впродовж другого зведення решти трьох. Після цього ініціюється підготовчий цикл до формування покрівельної системи. Для підтримки безперервного технологічного процесу будівельні операції виконуються у дві робочі зміни. Для зведення несучих стін застосовується високоміцна силікатна цегла марки М125 з проектною товщиною кладки 510 мм. Паралельно, баштовий кран КБ-403 виконує підйом та інсталяцію міцних залізобетонних пустотних плит перекриття з бетону класу В30, які відповідають найвищим критеріям міцності та експлуатаційної надійності. Кожна елементна плита надійно фіксується за допомогою сталевих анкерів. Монтажні шви та з'єднувальні ділянки ретельно заповнюються спеціалізованим цементним розчином, що значно підвищує загальну жорсткість усієї конструкції.

Після фінального зведення основного конструктиву будівлі, відомого як "коробка". Розпочинається етап формування внутрішніх перегородок та облаштування плоскої покрівельної системи. Цей період є критично важливим, оскільки він гарантує ефективний захист об'єкта від атмосферних опадів та створює оптимальні передумови для подальшого проведення інтер'єрних робіт.

Завершальний етап будівництва об'єкта включає оздоблювальні та спеціальні роботи, що є ключовою частиною всього проекту. Їхня важливість обумовлена як обсягом робіт, так і часом, необхідним для їх виконання на будівельному майданчику. Саме ці роботи поступово перетворюють початкову конструкцію з бетону чи цегли на сучасне, зручне та енергоефективне житло. Важливим етапом завершальних робіт є якісне встановлення вікон у всіх отворах та лоджіях. Застосування міцних металопластикових рам з багатокамерними склопакетами гарантує відмінну тепло- та звукоізоляцію всередині приміщень. Далі слідує зовнішнє утеплення стін будівлі. Для підвищення енергоефективності використовують мінеральну вату товщиною 150 мм. Яку після закріплення покривають армуючою сіткою, після чого наносять декоративну штукатурку. Ця багатошарова система не тільки забезпечує збереження тепла, але й надає будівлі привабливого вигляду. Ці роботи триватимуть тридцять днів згідно з планом.

Одночасно всередині будинку працюють майстри, що займаються штукатурними та оздоблювальними роботами. Вони виконують монтаж і приховування інженерних систем, укладання цементно-піщаних основ на підлогах кожного поверху. Також підготовку стін і внутрішніх перегородок до фінального оздоблення - фарбування або поклейки шпалер. Цей етап є наймасштабнішим і займе сорок днів.

Окремо варто відзначити монтаж 112 сонячних панелей на даху будинку. Цей восьмиденний процес показує прагнення проекту до інновацій та екологічної відповідальності. Вбудована сонячна електростанція постачатиме чисту енергію для освітлення загальних приміщень та роботи насосів.

Після виконання першої фази робіт прибирання місця, копання землі та заливка фундаментів почнеться найцікавіша частина: встановлення зовнішніх екологічних пристроїв. Це допоможе будинку стати безпечнішим для природи та зробити його більш незалежним у використанні енергії. Ми встановимо сучасні вітряки, які будуть розташовані тільки на відкритих ділянках прибудинкової території. Місце для них виберемо так, щоб вітер постійно дув, і вони працювали

максимально ефективно. Ці невеликі вертикальні вітряки практично не чуються, тому не заважатимуть мешканцям та їхнім сусідам. Крім того, вони дуже гарні, нагадують елегантні металеві дерева з зеленими лопатями. Гармонійно вписуються в загальний вигляд місцевості та демонструють сучасний стиль і екологічну спрямованість району.

Буду встановлено 2 інноваційних вітродерев моделі Wind Tree потужністю по 5,4 кВт. Обрання двох вітряків загальною потужністю 10,8 кВт є обдуманим рішенням. Адже вся енергія, яку вони разом виробляють, у парі з сонячними панелями, повністю покриває всі енергетичні потреби дому. Встановлення буде займатися професійна команда, яка використовуватиме спеціальне обладнання, зокрема великі баштові крани. Така техніка дозволяє піднімати важкі деталі, точно розміщувати їх та міцно фіксувати металеві стовпи. Стовпи ставляться на підготовлені заздалегідь бетонні основи, які виготовлені відповідно до всіх вимог.

Усі роботи виконуються з дотриманням найвищих стандартів якості та безпеки, щоб система могла ефективно працювати довгий час. Щоб встановити й запустити систему, потрібно приблизно п'ять днів. За цей час під землею прокладуть кабелі, які з'єднають вітряки з головним енергетичним центром будинку та підключають їх до існуючої електромережі. Виконують додаткові перевірки, щоб переконатися, що електрика постачається стабільно, безперебійно та безпечно, а система працює правильно у звичайних умовах.

Ця розумна система, яка поєднає сонячні панелі на дахах і вітряні генератори поруч, забезпечить житловому комплексу всю потрібну, чисту й власну електрику. Вона повністю освітлить загальні приміщення під'їзди, підвал, територію навколо будинку і забезпечить стабільну роботу насосів, системи вентиляції та ліфтів. Також це зменшить навантаження на міські електромережі, знизить шкідливі викиди. Отже, сучасні технології в будівництві допомагають створювати комфортні й енергоефективні простори, які відповідають усім екологічним стандартам і покращують якість життя мешканців.

Завершальним етапом робіт є впорядкування прилеглої ділянки, заплановане на останні вісім днів проекту. Ці роботи охоплюють асфальтування доріг, укладання тротуарної плитки, створення газонів, висадку декоративних рослин і дерев. Їхнє завершення підготує об'єкт до офіційного введення в експлуатацію та заселення, що символізуватиме успішне завершення всього проекту.

Окрім того, було проведено глибоке дослідження та всебічну оцінку графіка роботи персоналу, із застосуванням спеціальних методик. Метою цього було забезпечення його оптимальної організації та максимальної продуктивності. За підсумками аналізу, виявлено, що чисельність працівників на об'єкті протягом року демонструватиме рівномірну та передбачувану динаміку, без суттєвих коливань. Таким чином, вдалося уникнути простоїв, пов'язаних із недостатністю ресурсів, а також запобігти збою у процесі роботи чи надмірному скупченню кадрів на певних ділянках. Діяльність кожної команди та підрозділу організована найоптимальніше. Також гарантовано безперебійну та високоефективну роботу крана, виключаючи будь-які технічні неполадки на весь термін будівництва.

Усі необхідні розрахунки, що охоплюють розподіл спеціалістів за групами, визначення тривалості завдань та їх стадій, представлені в таблиці 3.4.1. Ця таблиця наочно ілюструє поетапність виконання всіх робіт протягом усього проекту.

Таблиця 3.4.1.

| № з/п | Що конкретно робимо на майданчику | Загальні трудовитрати | Скільки робітників у бригаді | Скільки днів триває процесу | Порядок виконання та суміщення робіт |
|-------|---|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| 1.0 | Підготовка майданчика до будівництва | 120 | 8 | 15 | Ставимо паркан, підводимо світло, монтуємо колії для крана |
| 2.1 | Риття котловану екскаватором у суглинку | 48 | 3 | 16 | Робиться найпершим, екскаватор вантажить землю в машини |

| | | | | | |
|-----|--|-----|----|----|--|
| 2.2 | Монтаж залізобетонних подушок ФЛ та блоків ФБС | 240 | 12 | 20 | Починається одразу після того, як повністю викопано котлован |
| 2.3 | Обмазування гідроізоляцією та засипання землі назад | 56 | 4 | 14 | Робиться паралельно з фінальним монтажем останніх блоків |
| 3.1 | Мурування цегляних стін та монтаж плит 1-3 поверхів | 720 | 24 | 30 | Потоковий метод, муляри і монтажники працюють разом із краном |
| 3.2 | Мурування цегляних стін та монтаж плит 4-6 поверхів | 720 | 24 | 30 | Наступний крок, повне закриття коробки шести поверхів |
| 3.3 | Зведення міжкімнатних перегородок та плоского даху | 210 | 10 | 21 | Починається на даху після монтажу останньої плити перекриття |
| 4.1 | Встановлення вікон та утеплення стін мінватою | 360 | 12 | 30 | Робиться з риштувань зовні будинку, захищає будівлю від холоду |
| 4.2 | Штукатурення внутрішніх стін та заливка стяжок підлоги | 440 | 11 | 40 | Проводиться всередині кімнат по черзі на кожному поверсі |
| 4.3 | Монтаж сонячних панелей (112 шт.) на покрівлі будинку | 64 | 8 | 8 | Монтаж електричних панелей на готовому пласкому даху |
| 4.4 | Монтаж інноваційних вітродерев (2 шт. еко-генераторів) | 40 | 8 | 5 | Збирання та підключення вітряних дерев на вулиці у дворі будинку |

| | | | | | |
|-----|--|----|----|---|---|
| 5.0 | Прибирання території, благоустрій та здача об'єкта | 96 | 12 | 8 | Вивозимо сміття, саджаємо газон, здаємо готовий еко-будинок |
|-----|--|----|----|---|---|

3.5 Будівельний генеральний план будівельного майданчика

Створення та розробка будівельного генерального плану це, найважливіший етап всіх будівельних робіт на нашому об'єкті. Це не просто папери, а наша детальна карта, яка чітко показує, де і що буде розташовано на будівельному майданчику. На ній ми графічно зображуємо наш майбутній шестиповерховий будинок, вказуємо найкращі шляхи для руху техніки та зони для її розміщення, місця для тимчасового зберігання матеріалів. Також тут є всі зручності для нашого персоналу та схеми, як ми тимчасово підведемо воду й електрику. Головна мета цього плану - забезпечити, щоб усім, хто працює на будівництві, було максимально безпечно, зручно й ефективно. Ми також прагнемо, щоб матеріали доставлялися без зайвих клопотів, а всі переміщення ресурсів по майданчику були продуманими, без марної витрати часу та сил. Наш генеральний план розроблений спеціально для періоду зведення надземної частини будівлі, коли головним помічником стає наш стаціонарний баштовий кран моделі КБ-403. Усі наші розробки створені з повним дотриманням найсуворіших українських норм з безпеки праці та промислових стандартів.

Звісно, серцем усієї інфраструктури будівельного майданчика є саме баштовий кран КБ-403. Усе інше це функціональні зони та елементи розташовані навколо нього й працюють в тісному взаємозв'язку. Кран стоїть на міцно прокладених рейках, які тягнуться вздовж довгої сторони нашого шестиповерхового будинку, саме з боку двору. Ми ретельно прорахували місце для крана та траєкторію його руху. А би зберігалася безпечна відстань між його хвостовою частиною крана та стінами будівлі. Згідно з сучасними правилами безпеки, ця мінімальна дистанція має бути не менше двох метрів. Довжина рейок розрахована так, щоб підйомний механізм міг вільно переміщатися по всій довжині будівлі. Стріла крана повинна дотягатися до будь-якого кутового

елемента перекриття чи крайнього цегляного простінка на обох будівельних блоках, забезпечуючи повне покриття.

Одним із ключових аспектів при розробці будівельного плану є ретельне визначення та маркування меж робочої зони крана, а також зон підвищеної небезпеки. Ця дія має вирішальне значення для забезпечення безпеки всього персоналу, задіяного у будівельному процесі. Робоча зона крана визначається як простір, доступний для переміщення його стріли, що сягає максимальної відстані у 25 метрів. Ця зона обов'язково охоплює також потенційно небезпечні ділянки, розрахунок яких виконується з високою точністю. Для визначення радіусу розльоту фрагментів, наприклад, при підйомі плити з шостого поверху, застосовується спеціалізована формула. Вона враховує габарити найбільшого елемента 6 метрів та додає до цього відстань, на яку можуть розлетітися уламки 7 метрів. У результаті загальна небезпечна зона навколо будівельного майданчика та маршрутів руху крана простягається приблизно на 38 метрів від осі його обертання. На проектній документації цю межу позначають суцільною лінією. Тоді як на самому будівельному об'єкті встановлюють знаки безпеки та інформаційні щити для попередження персоналу про функціонування великогабаритної техніки.

Розташування всіх складських зон на будівельному майданчику по вулиці В'ячеслава Чорновола спроектовано з урахуванням оптимізації доступу крана до будівельних матеріалів. Це дозволяє мінімізувати проміжне переміщення матеріалів, забезпечуючи їх пряму доставку на необхідний поверх як з транспортних засобів, так і зі складських приміщень. Зважаючи на значні обсяги стінових матеріалів, склад цегли структуровано на чіткі сектори. Таке зонування полегшує сортування матеріалів за їх маркуванням та партіями. Піддони з цеглою розміщуються у штабелях висотою не більше двох ярусів, на рівних та твердих підкладках. Між рядами штабелів передбачено прохід завширшки в один метр для забезпечення зручності та безпеки виконання робіт.

Поруч із зоною зберігання цегли виділено ділянку для розміщення збірних залізобетонних плит перекриття, виготовлених з бетону класу В30, з круглими

порожнинами. Плити укладаються на дерев'яні підкладки, товщина яких перевищує висоту монтажних петель, і зберігаються у штабелях висотою до 2,5 метрів. Винятково важливо забезпечити точне вертикальне вирівнювання підкладок для запобігання виникненню небажаних тріщин у бетоні. Над в'їздом на об'єкт тимчасово визначено ділянку для зберігання та попереднього збирання, елементів "Вітрове дерево" до їх остаточного встановлення на території будівлі.

Головне завдання це забезпечити повну безпеку та комфорт для всього будівельного персоналу. З цією метою комплекс тимчасового проживання працівників розташований на безпечній відстані від основних елементів будівельної інфраструктури. Місце розташування винесено за межі критичних зон, де активно використовуються баштові крани та інші важкі вантажопідійомні машини та механізовані засоби. Крім того, увага приділяється аналізу домінуючих напрямків вітру. Задля зменшення впливу аерозольних частинок пилу, які утворюються на робочих місцях, на умови життя мешканців. Окремий житловий комплекс використовує систему модульних конструкцій, подібних до контейнерів. Він має важливі елементи, які включають в себе: велику роздягальню з сучасною сушильною установкою для спецодягу. Також є зручне приміщення, яке призначено для відпочинку та приготування їжі. Функції управління виконує офіс головного інженера або виконроба, який може служити і як додаткове виробниче приміщення, так і як майстерня для ремонту та обслуговування.

Для безперервного й ефективного виконання будівельних робіт у комплексі є спеціальне сховище. Де буде зберігатися робочий інструмент та стандартні набори, включаючи мулярські кельми, точні вимірні рівні та надійні стропа. Специфікація цих інструментів описана у розділі 3.3. На території комплексу розташовані модулі, які забезпечують відповідні санітарні та гігієнічні умови для всього персоналу. Весь периметр будівельного об'єкта охороняється загороджувальним утворенням висотою два метри, що забезпечує безпеку периметра та строгий контроль над доступом на територію. Для забезпечення ефективності логістики та підтримки установлених режимів

забезпечено правильно улаштовані в'їзди та виїзди для транспорту. Також працює повноцінний контрольно-пропускний пункт, який виконує реєстрацію та перевірку осіб та машин. Посилена увага приділяється оптимізації транспортних маршрутів на об'єкті: впроваджено комплексну схему переміщення, яка включає як прямі, так і циклічні траєкторії для покращення ефективності логістики будівельної техніки. Крім того, на точці виїзду з будівельного майданчика створено автономну спеціалізовану ділянку, оснащений сучасною мийною установкою. Тут виконується обов'язкове та інтенсивне очищення колісних дисків великих вантажних автомобілів та бетонозмішувачів перед їхнім виїздом з території будівництва на вулиці Луцька.

Для забезпечення постійної та безпечної роботи всередині цієї системи, яка включає велику кількість будівельної техніки, складські зони та багато професійних працівників, я виконала розрахунки та наочні графічні схеми. Вони візуально представлені в останньому розділі нашої проектної документації, де детально описані основні зони та точні місця розташування всіх тимчасових будівель та інфраструктурних елементів.

Ретельний аналіз будівельного проекту, який наданий у аналітичних матеріалах, зокрема у таблиці 3.5.1., однозначно підтверджує високий рівень організації та системності, а також показує, як ефективно було проведено планування та як раціональні були прийняті стратегічні рішення.

Таблиця 3.5.1.

| Назва елемента інфраструктури майданчика | Розрахункові параметри та марки споруд | Необхідна площа / кількість | Специфіка розміщення та вимоги безпеки |
|--|--|-----------------------------|--|
| Провідна монтажна техніка | Баштовий рейковий кран КБ-403 | 1 штука | Встановлюється на коліях з боку двору, виліт стріли - 25 м |
| Склад силікатної цегли М125 | Відкритий майданчик для 4464 піддонів | 380 м ² | У зоні дії стріли крана, штабелі у 2 яруси з проходами 1 м |
| Склад плит перекриття (В30) | Відкритий майданчик для 264 штук плит | 180 м ² | На дерев'яних підкладках у штабелі висотою до 2,5 метрів |

| | | | |
|---------------------------------|---|--------------------|---|
| Тимчасове побутове містечко | Комплекс мобільних вагончиків-контейнерів | 5 споруд | Суворо за межами небезпечної зони крана (далі 38 метрів) |
| Тимчасові автомобільні дороги | Збірні залізобетонні плити (ширина 3,5 м) | 420 м ² | Кільцева схема руху, з радіусами поворотів для довгомірів |
| Огородження майданчика | Суцільний захисно-охоронний паркан | 280 пог. м | Висота 2,0 метри, з козирками в місцях проходу пішоходів |
| Пост миття коліс автотранспорту | Естакада з оборотним водопостачанням | 1 к-кт | Обов'язково на виїзді біля воріт, щоб не бруднити вулиці |

Завдяки організованому та логічному розміщенню тимчасових складів для будівельних матеріалів, таких як цегляні блоки та великі залізобетонні елементи, прямо поруч з робочою зоною крана (модель КБ-403), стає можливим використання сучасної прискореної безперервно-поточної технології будівництва наземної частини споруди. Ця технологія була добре розроблена та інтегрована до детального графіку робіт, що значно покращує процес будівництва. Усі тимчасові інженерні мережі, зокрема системи водопостачання та низьковольтного електрообладнання, встановлюються під землею. Цей метод забезпечує найвищий рівень захисту від зовнішніх впливів, механічних пошкоджень та пригнічуючих погодних умов. Також це значно збільшує загальну стабільність і надійність їхнього функціонування. Крім того, було віддано велику увагу оптимальному розташуванню модульного житла для будівельних працівників. Його розміщення поза обмеженою зоною в радіусі 38 метрів. Повністю забезпечує високий рівень безпеки праці, виключаючи будь-які ризики для життя та здоров'я робітників. Отже, розроблений загальний план будівництва об'єкта повністю відповідає поточним екологічним стандартам і вимогам, а також сучасним інженерним нормам та будівельним правилам. Це забезпечує успішну, стабільну реалізацію нашого інноваційного, енергоефективного та екологічно чистого житлового комплексу у місті Луцьк.

3.6 Організація безпеки праці при зведенні надземної частини будівлі

Зведення верхніх поверхів шестиповерховому житловому будинку розташованого на вулиці Чорновола, є ключовим етапом будівництва. Це вимагає посиленої уваги до безпеки та здоров'я всіх залучених осіб. Така відповідальність зумовлена значною висотою робіт та активним використанням потужного баштового крана. Усі будівельні заходи на об'єкті здійснюються у суворій відповідності до діючих будівельних норм та правил. Вони мають на меті гарантувати безпеку, здоров'я та добробут кожного працівника. Щоб мінімізувати потенційні ризики та уникнути взаємних перешкод під час паралельного виконання цегляної кладки та монтажу перекриттів. Робоча зона підлягає чіткому розмежуванню як по горизонталі, так і по вертикалі. Одним з найважливіших принципів залишається взаємна обережність та відповідальність. Категорично заборонено виконувати будівельні роботи однією бригадою безпосередньо над зоною, де працює інша, щоб уникнути неконтрольованого падіння матеріалів чи інструментів, що потенційно можуть призвести до травм.

Весь персонал: муляри, монтажники, такелажники та інші фахівці. Вони допускається до виконання обов'язків лише після ретельного засвоєння теоретичних знань та успішного проходження повного циклу обов'язкових інструктажів з охорони праці. Факт проходження цих навчань має бути обов'язково зафіксований у відповідному журналі. Кожен працівник на будівельному майданчику несе особисту відповідальність за власну безпеку. Шляхом обов'язкового використання передбачених індивідуальних засобів захисту, таких як захисні каски, спеціалізований робочий одяг, ударостійке взуття та захисні рукавички.

Під час мурування цегляних стін, необхідно суворо дотримуватися обмеження висоти кожного робочого ярусу. Вона не повинна перевищувати 1,2 метра, рахуючи від рівня робочої площини риштувань. Щоб дістатись до верхніх рядів цегляної кладки, муляри мають використовувати спеціальні, помости які

будуть зручні у збиранні та переміщенні. Такі конструкції необхідно надійно закріплювати та встановлювати винятково на міцній, стійкій і цілком рівній опорній площині, задля забезпечення максимальної безпеки. Категорично забороняється пересуватися або перебувати на свіжовикладеній цегляній кладці, якщо її товщина становить 510 міліметрів або менше. Це робиться для запобігання пошкодженню цілісності та можливого руйнуванню конструкції.

На робочих ділянках, розташованих на другому та вищих рівнях, тобто на висоті понад 1,3 метра від основи, обов'язковим є встановлення тимчасових захисних бар'єрів по зовнішньому периметру риштувань. Ці огорожі повинні мати мінімальну висоту 1,1 метра та обов'язково доповнюватися спеціальною бортовою дошкою унизу. Вона запобігатиме випадковому падінню інструментів або матеріалів з робочої платформи. У ситуаціях, коли роботи виконуються поруч з відкритими віконними прорізами або лоджіями. То встановлення стаціонарних чи тимчасових огорож є технічно неможливим або недоцільним. Весь персонал повинен категорично використовувати індивідуальні засоби захисту від падіння, а саме - запобіжні страхувальні пояси. Ці пояси мають бути надійно закріплені спеціальними карабінами до міцних, несучих елементів споруди або до попередньо натягнутих та перевірених на міцність металевих страхувальних тросів.

Монтаж збірних пустотілих плит міжповерхових перекриттів, що виготовлені з високоякісного бетону марки В30. Повинен здійснюватися під пильним наглядом досвідчених монтажників-висотників та відповідальних сигналістів, які координують усі рухи. Суворо забороняється присутність або будь-яке пересування персоналу на плитах перекриття під час їх підйому або горизонтального переміщення за допомогою кранових механізмів. Це пояснюється прямою загрозою життю та здоров'ю робітників. Підйом залізобетонних елементів повинен здійснюватися винятково за допомогою спеціалізованих чотирьохвіткових стропів, відомих як «павук». Ці стропи мусять бути обов'язково сертифіковані, регулярно проходити технічну перевірку.

Перебувати у відмінному робочому стані та мати надійні захисні фіксатори на гаках, щоб унеможливити випадкове зняття вантажу.

На першому етапі плити підіймають на мінімальну тестову висоту - лише на 200-300 міліметрів від землі або попередньої опорної поверхні. На цьому етапі здійснюється ретельна візуальна перевірка правильності зачеплення стропів та ідеального центрування вантажу. І тільки після підтвердження відповідності усім вимогам безпеки та стабільності, відповідальний сигналіст надає дозвіл на подальше, повноцінне переміщення елемента. Монтажники приймають плиту безпосередньо над опорною поверхнею, коли її опускають до висоти, що не перевищує 30 сантиметрів. Точне позиціонування та орієнтування елемента у його проєктне положення здійснюється за допомогою спеціальних гнучких напрямних канатів або шнурів. Такий методичний підхід гарантує максимальну безпеку для всіх задіяних робітників. Оскільки дає змогу підтримувати безпечну дистанцію від потенційно небезпечної зони, де є ризик защемлення або удару при опусканні великогабаритного вантажу.

3.7 Електробезпека під час монтажу та експлуатації систем відновлюваної енергії

Проєкт передбачає встановлення сучасних систем відновлюваних джерел енергії. Він включає 112 сонячних панелей, розташованих на даху, а також дві унікальні вітрові турбіни "Wind Tree. Зважаючи на значний енергетичний потенціал та передові технології, що використовуються, ми приділяємо особливу увагу електробезпеці, дотримуючись найвищих стандартів. Усі роботи та процедури виконуються відповідно до встановлених правил. Зокрема українських Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, Правил улаштування електроустановок, а також відповідних національних та міжнародних стандартів безпеки. Важливою, але потенційно небезпечною особливістю сонячних панелей є їхня здатність виробляти високу напругу навіть за умови низької освітленості. Отже, панелі безперервно функціонують і завжди

залишаються під напругою. Саме тому при виконанні робіт на таких системах у денний час звичайне відключення через загальний вимикач є неможливим. Для забезпечення повної безпеки та уникнення ураження електричним струмом під час робіт на даху кожна сонячна панель покривається спеціальним матеріалом. Використовуються щільні, світлонепроникні покриття, такі як спеціальна тканина, брезент або темна плівка. Таке покриття припиняє генерацію електроенергії, що дає можливість безпечно виконувати підключення всіх електричних компонентів.

Усі роботи з підключення та монтажу виконуються виключно із застосуванням професійних ручних інструментів, оснащених надійними та ізольованими руків'ями. Усі інструменти пройшли перевірку та сертифікацію для безпечної роботи в електромережах до 1000 вольт. Персонал, який виконує підключення кабелів, інтеграцію інверторів та налаштування автоматики, має повний комплект засобів індивідуального захисту. До них належать діелектричні рукавички, захисне взуття, ізоляційні килимки та спеціальні окуляри, що забезпечують захист очей від електричної дуги та спалахів. Крім того, для досягнення максимального рівня експлуатаційної безпеки, металеві корпуси всіх 112 сонячних панелей та супутні металеві конструкції на даху. Є надійно з'єднані за допомогою спеціальної сталеві шини та підключені до загальної системи заземлення будівлі. Цей захід забезпечує додатковий ступінь захисту, що суттєво підвищує загальний рівень безпеки.

Друга частина нашої екологічно енергетичної системи це 2 інноваційних вітродеревя Wind Tree. Котрі встановлюються на анкерних фундаментах на вулиці у дворі будинку. Також вони несуть у собі потенційну електронезбезпеку, особливо під час сильних поривів вітру. Особливо коли вертикальні турбіни Aeroleaf обертаються на максимальних обертах і виробляють велику кількість енергії. Для надійного захисту мешканців будинку та перехожих від крокової напруги та струму витоків. Навколо підземних фундаментів обох вітрогенераторів закладається відокремлений замкнений вирівнювальний контур заземлення з опором розтіканню струму не більше 4 Ом.

Вся силова проводка та живильні кабелі від вітродерев до головного розподільчого щита будівлі прокладаються під землею в глибоких траншеях. Всередині спеціальних броньованих кабелів та міцних пластикових гофрованих труб, що повністю захищає їх від випадкових механічних пошкоджень під час майбутнього благоустрою території чи руху автомобілів. На кожному інверторному вузлі та в розподільчих шафах в обов'язковому порядку встановлюються надчутливі пристрої захисного відключення та автоматичні диференційні вимикачі. Вони здатні за частки секунди повністю знеструмити всю систему відновлюваної енергії у разі виникнення найменшого короткого замикання. Або ж перевантаження мережі або випадкового пошкодження ізоляції кабелю, гарантуючи абсолютну безпеку для жителів.

3.8 Заходи цивільного захисту та проектування внутрішнього ядра безпеки

Зважаючи на пріоритетність питань безпеки в сьогодишніх реях України. Я намагалася спроектувати сучасний багатоповерховий житловий будинок в місті Луцьк, вулиця В'ячеслава Чорновола. Проектування та будівництво об'єкта здійснювалися з суворим дотриманням усіх вимог чинних державних будівельних норм та правил. Особливий акцент було зроблено на стандартах цивільного захисту. Зокрема на ДБН В.1.2-4:2019 "Інженерно-технічні заходи цивільного захисту" та ДБН В.2.2-5:2023 "Захисні споруди цивільного захисту", які регламентують суворі критерії для створення надійних систем безпеки.

Ключовим завданням було формування концепції, яка б забезпечувала ефективну та швидкодоступну систему захисту. Метою є збереження життя та здоров'я мешканців, а також створення для них відчуття захищеності. Це має особливе значення з огляду на сьогодишню ситуацію, пов'язану з ризиками повітряних тривоги, ракетних або артилерійських обстрілів.

Оскільки в проекті будівлі не передбачено наявності підвального приміщення, було розроблено унікальне сучасне рішення. Вирішено створити спеціальні безпечні зони, інтегровані безпосередньо в конструкцію кожного

поверху. Ці колективні захищені простори оптимально розташовані у загальних зонах біля сходових кліток, ліфтів, а також у коридорах на кожному поверсі. Такий підхід є практичним та ефективним, оскільки дозволяє мешканцям швидко та безперешкодно дістатися до них у разі небезпеки. Уникаючи втрати дорогоцінного часу на спуск у підвал чи інші віддалені місця. Таким чином, захист завжди є легкодоступним.

Для забезпечення постійного почуття безпеки та комфорту мешканців у житловому комплексі на кожному поверсі створено незалежну зону максимально захищеного простору. Вона спроектована за принципом "подвійних стін", що забезпечує підвищену стійкість конструкції. Структурною основою слугують сходові клітки, ліфтові шахти та прилягаючі до них коридори, утворюючи монолітний і надзвичайно міцний блок. Основу стін захисного ядра становлять масивні конструкції товщиною від 380 до 510 міліметрів, виконані з високоякісної, щільної цегли. Це забезпечує їхню довговічність і здатність протистояти зовнішнім впливам. В таких зонах немає вікон, тонких перегородок чи скляних дверей, які могли б втратити міцність при зіткненні з ударною хвилею. Стелі та підлога в ядрі збудовані з міцних залізобетонних плит, виготовлених із якісного бетону, що надає конструкції додаткову стійкість та дозволяє витримувати значні динамічні навантаження. Це забезпечує достатню безпеку навіть у разі руйнування верхніх поверхів будівлі або її даху.

Уся система захисту побудована за багаторівневим принципом, який ефективно поглинає та розсіює енергію можливих зовнішніх впливів. Перший рівень, зовнішні стіни товщиною до 510 мм з додатковим шаром теплоізоляції. Він приймає на себе основний удар, поглинаючи кінетичну енергію та затримуючи крупні уламки. Якщо ж цей захист пробивається, вступає в дію другий рівень стіни центрального ядра завтовшки до 380 мм. Вони слугують надійною перешкодою від дрібних уламків, пилу чи інших небезпечних елементів, які можуть виникнути при сильних вибухах.

Щоб забезпечити комфорт та безпеку мешканцям під час тривалого перебування у таких зонах у періоди загрози, вони оснащені власними

інженерними системами. Завдяки використанню відновлювальних джерел енергії в цих приміщеннях функціонують аварійне освітлення та система вентиляції. Вони живляться від акумуляторів, заряджених від сонячних панелей і вітрогенераторів. Це дозволяє підтримувати комфортні умови навіть за відсутності централізованого електропостачання. Для зручності передбачено місця для сидіння, а для безпеки передбачені вогнегасники та аптечки. Ці продумані зони безпеки на кожному поверсі не лише відповідають, але й перевершують встановлені національні стандарти у сфері захисту житла. Вони забезпечують мешканцям шестиповерхового комплексу високий рівень безпеки та душевного спокою, навіть у найскладніших умовах.

Розділ 4

Економіка будівництва

4.1 Методика визначення кошторисної вартості будівництва

Кошторисна вартість будівництва 6-поверхового житлового будинку в місті Луцьк - це загальна сума грошей, яку потрібно заплатити, щоб побудувати будинок, приєднати його до експлуатації. Такі розрахунки виконуються за правилами, що наведені у документі «Настанові з визначення вартості будівництва». Для того, щоб отримати загальну суму витрат на будівництво, підготовлюється пакет документів, який містить локальні кошториси, об'єктні кошториси та загальний кошторисний розрахунок. Локальні кошториси створюються для конкретних видів робіт. Наприклад, загальних будівельних робіт, установки внутрішніх систем інженерного обладнання та екологічних установок. Об'єктні кошториси з'єднують всі дані з локальних кошторисів і показують дійсну вартість будівлі. Звітний кошторисний розрахунок це остаточний документ, у якому вказано усі фінансові витрати. У ньому враховуються не тільки самі будівельні роботи, а й додаткові витрати на підготовку майданчика, виготовлення тимчасових споруд, використання будівельного обладнання. Наприклад, баштового крана КБ-403 протягом 237 днів, благоустрій подвір'я, технічний нагляд та обов'язкове нарахування ПДВ.

4.2 Розрахунок вартості об'єкта та техніко-економічні показники

Оскільки будівництво в даному випадку спеціалізоване, розрахунок повної вартості зазвичай проводиться з урахуванням середньої ціни будівництва квадратного метра житла для аналогічних цегляних будинків. Вартість нових енергосистем розраховується окремо. Шестиповерхова будівля має загальну площу 2680 кв. Базова вартість 1 квадратного метра будівельної площі, куди вже входить силікатна цегла М125 для стін товщиною 510 мм, бетонна плита

переkritтя В30, мінеральна вата 150 мм для утеплення та внутрішніх мереж, становить приблизно 15,5 тисячі гривень, що в сумі становить 41,54 мільйона гривень. Для забезпечення автономності будинку додаються витрати на придбання та встановлення спеціального екологічного обладнання. Вартість дахової сонячної електростанції зі 112 панелей, включаючи монтаж і заземлення, становить 1,45 мільйона гривень. А вартість двох вертикальних вітрогенераторів типу «Вітрове дерево» висотою 9,8 метра, з'єднаних з панелями, 2,2 мільйона гривень. Загальна вартість будинку, включаючи основні витрати на будівництво та вартість електромережі, становить 45,19 млн грн. До цих чистих витрат необхідно додати додаткові витрати на будівництво, які в середньому складають 12% від загальної вартості або 5 422 800 грн. Загальна вартість проекту без ПДВ становить 50 612 800 грн. Після нарахування обов'язкового ПДВ у розмірі 20%, тобто 10 122 560 гривень, загальна вартість проекту становить 60 735 360 гривень. Нижче ви знайдете найважливіші техніко-економічні показники наших зусиль. Я хотів би представити їх на свій захист у таблиці 4.1.1.

Таблиця 4.1.1

| № п/п | Назва показника | Одиниця виміру | Значення |
|-------|---|--------------------|-----------------------------------|
| 1 | Кількість поверхів у будинку | поверхів | 6 |
| 2 | Загальна кількість квартир | шт. | 17 |
| 3 | Площа забудови (по цоколю) | м ² | 540 |
| 4 | Загальна площа будівлі | м ² | 2680,0 PDF |
| 5 | Житлова площа (площа кімнат) | м ² | 1420 |
| 6 | Будівельний об'єм будинку | м ³ | 10260 |
| 7 | Загальний термін будівництва | днів | 237 |
| 8 | Головний монтажний кран | тип | Баштовий кран КБ-403 |
| 9 | Екологічне інженерне обладнання | комплект | 1 СЕС (112 панелей) + 2 Wind Tree |
| 10 | Загальна кошторисна вартість всього об'єкта | грн | 60 735 360 PDF |
| 11 | Вартість одного квадратного метра житла | грн/м ² | 22 662 |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Ця кваліфікаційна робота була присвячена створенню комплексного практичного проекту, що охоплював усі етапи проектування. Від розробки архітектурної концепції та просторової організації до виконання інженерних розрахунків, будівельних робіт і планування процесу. Об'єктом проектування був шестиповерховий житловий будинок в місті Луцьку на вулиці В'ячеслава Чорновола. Обрана тема є надзвичайно актуальною для сучасного містобудівництва, особливо в умовах швидкої урбанізації та зростання населення у містах. Основною метою роботи було розроблення ефективних рішень для проектування та будівництва житла. Яке відповідало б високим стандартам якості, забезпечувало комфорт, автономність, безпеку мешканців. А також високий рівень енергоефективності, при цьому оптимально використовуючи наявні ресурси.

На початку роботи детально обґрунтовувалася вибрана архітектурна та стилістична концепція. Значну увагу приділено також оцінці доцільності спорудження середньоповерхових житлових будинків, враховуючи специфіку Волинської області та її містобудівні особливості. Ключовою метою проекту стало створення не просто нормативного, але й сучасного, інноваційного інженерного проєкта. Проєкт був розроблений із дотриманням усіх актуальних державних будівельних норм і передбачав впровадження передових підходів до організації простору. Окремий акцент зроблено на міцності та надійності конструкцій, використанні сучасних будівельних технологій та сучасні екологічні аспекти.

На початку роботи ми вивчили основи проектування, що допомогло зрозуміти сучасні методи будівництва житла. Особливо приділили увагу основним аспектам, таким як універсальність, енергоефективність, екологічна безпека. При переході до будівельної частини, було детально зібрано та уважно проаналізовано всю інформацію щодо ділянки, призначення для зведення будинку. Було зібрано дані про кліматичні особливості та тип ґрунту. Виявилось,

що на ділянці переважає легкий, але щільний суглинок, що було дуже важливе для правильної організації фундаменту. На основі отриманих даних створили загальний план забудови території. Також врахувала розташування підземних комунікацій, питання благоустрою, рух транспорту, необхідну площу для зелених зон, а також особливості вітрового режиму в Луцьку. Архітектурне планування будинку здійснено з метою забезпечення максимальної зручності та комфорту для майбутніх мешканців. Сам будинок має безкаркасну структуру, а його міцні стіни виконані з силікатної цегли та цементно-піщаного розчину. Виконувалися точні інженерні розрахунки ключових частин стін, що підтвердило їхню надійність, стійкість до вертикальних навантажень та сильних поривів вітру. Для забезпечення ефективного збереження тепла, відповідно до сучасних стандартів, передбачено зовнішнє утеплення фасадів мінеральною ватою.

Завдяки ретельно опрацьованому організаційно-технологічному плану проєкту, всі задуми та розрахунки були перетворені на конкретні, вказівки для будівельної бригади. Виходячи з потреби у 2200 кубічних метрах цегляної кладки, наші спеціалісти прорахували необхідний обсяг матеріалів. З урахуванням незначного резерву (3%) на можливі втрати, знадобиться 892 800 цеглин, що еквівалентно 4464 транспортним палетам. Окрім того, проєктом передбачена інноваційно безпечна система екологічно енергопостачання. Вона включатиме 112 сонячних панелей на покрівлі (загальною потужністю 40 кВт). Та дві спеціальні, автономні вітрові турбіни типу «Wind Tree» (потужністю 10,8 кВт), які не лише забезпечуватимуть енергію, а й гармонійно доповнюватимуть ландшафт об'єкта.

Детальний календарний графік, розроблений з урахуванням усіх нормативних вимог до ресурсних витрат, свідчить про завершення будівництва за 237 робочих днів, використовуючи оптимальний поетапний підхід. Причому, що кладка стін і встановлення 264 надійних залізобетонних перекриттів відбуватимуться синхронно у різних частинах споруди. Генеральний план об'єкта чітко визначає оптимальне розташування потужного баштового крана, а

також окреслює небезпечну зону радіусом 38 метрів навколо нього. На ньому також зазначені локації для відкритих складів цегли та плит, місцезнаходження тимчасового житлового комплексу для персоналу, складається з п'яти модульних приміщень. Ключове значення, пункт автоматичної очистки коліс для всього транспорту, який виїжджатиме з будівельного майданчика.

Заключна частина цього проекту присвячена ключовому аспекту а саме захисту та безпеці людей у різноманітних обставинах. Тут представлено загальні принципи забезпечення безпеки для всіх осіб, як на етапі спорудження будівлі, так і під час її подальшої експлуатації. Розглянуто методи убезпечення робіт на висоті, правила використання будівельних риштувань та вимоги до захисних огорожень. Додатково, було розраховано систему захисного заземлення для всього електричного обладнання та сонячних енергетичних установок. Це забезпечує опір заземлення, що не перевищує 4 Ом, повністю відповідаючи вимогам та надійно захищаючи від ризику ураження високою напругою від сонячних батарей. Крім того, проведено оцінку стійкості конструкцій будівлі до впливу потужних вибухових хвиль та розроблені алгоритми дій на випадок різних непередбачених ситуацій. Особливу увагу було приділено питанням цивільного захисту в умовах воєнного стану. Враховуючи відсутність підвального приміщення, на кожному поверсі було спроектовано спільний для мешканців захищений простір у зоні сходових кліток, ліфтових шахт та коридорів. Його стіни потовщено до 380–510 мм з міцної цегли у поєднанні із залізобетонними плитами класу В30. Ця конструкція формує надійне протиосколкове укриття, що функціонує за принципом подвійних стін та надає максимальний захист людям під час повітряної небезпеки.

Підсумовуючи, можна впевнено стверджувати, що цей бакалаврський проект являє собою комплексне, обґрунтоване, економічно доцільне та технічно вигідне інженерне рішення. Воно повністю відповідає всім сучасним українським будівельним нормам і має значний практичний потенціал для впровадження у сучасне будівництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до підготовки бакалаврських кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» [Електронний ресурс] / уклад.: Г. О. Татарченко, Н. І. Білошицька, М. В. Білошицький, П. Є. Уваров. - К. : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2025. - 93 с.
2. ДСТУ 9191:2022. Будівельна кліматологія. - К. : ДП «УкрНДНЦ», 2022. - 142 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006 (із змінами № 1 від 2017 р.). Навантаження і впливи. Норми проектування. - К. : Мінрегіонбуд України, 2017. - 80 с.
4. ДБН В.2.6-162:2020. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. - К. : Мінрегіон України, 2020. - 96 с.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. - К. : Мінрегіонбуд України, 2011. - 71 с.
6. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. - К. : Мінрегіон України, 2019. - 46 с.
7. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. - К. : Мінрегіон України, 2019. - 44 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. — К. : Мінрегіон України, 2021. - 59 с.
9. ДБН А.3.1-5:2016 (із змінами 2022 р.). Організація будівельного виробництва. - К. : Мінрегіон України, 2022. - 55 с.
10. ДБН В.1.2-4:2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту. - К. : Мінрегіон України, 2019. - 38 с.
11. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. - К. : Міністерство відновлення України, 2023. - 86 с.
12. ДСТУ Б В.1.2-3:2017. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. - К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017. - 24 с.
13. НПАОП 45.2-1.12-19. Правила з охорони праці під час будівництва та ремонту об'єктів. - К. : Мінсоцполітики України, 2019. - 64 с.

14. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Видання. - К. : Міненерговугілля України, 2017. - 714 с.
15. Білошицька Н. І. Архітектурно-простірня організація сучасного енергоефективного житла // Містобудування та територіальне планування. - 2021. - Вип. 76. - С. 45–52.
16. Організація будівельного виробництва. Обчислення обсягів будівельно-монтажних робіт : навч. посіб. / уклад. А. А. Белоконь, О. А. Тіток. - К. : КНУБА, 2021. - 75 с.
17. Рекомендації ДСНС України щодо організації укриттів та захисних споруд у житловій забудові. Офіційний веб-портал ДСНС України.
18. Global Status Report on Renewable Energy in Buildings [Electronic resource] // International Renewable Energy Agency (IRENA). 2023.
19. Rooftop photovoltaic power station design and efficiency [Electronic resource] // Wikipedia, the free encyclopedia.
20. Zero-energy building concepts for residential sector [Electronic resource] // Wikipedia, the free encyclopedia.
21. Сучасні технології енергоефективності в архітектурі та будівництві // Збірник наукових праць за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. - Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022.