

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ МОНОЛІТНОГО
ДОМОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи БАД-111ін

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Ільхан Суджай

(прізвище та ініціали)

Керівник Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва архітектури та дизайну
 Кафедра будівельного виробництва та управління проектами
 Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.

О.М. Назаренко

“ ” 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Ільхан Суджай

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічної надійності монолітного домобудування на основі моделювання матеріалів. Development of technological reliability of monolithic housing construction.

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КУЛІК Михайло Валерійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2025 року №

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, розрахункові навантаження та параметри розрахунку монолітних елементів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації, графічний матеріал 6 аркушів А1 роздруковані на А3 в форматі PDF

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	Кулік М.В., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	Кулік М.В., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	Кулік М.В., доцент		
Нормоконтролер	Кулік М.В., доцент		

7. Дата видачі завдання “___” _____ 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	2–3 тижні	Розділ 1
3	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	4 тиждень	Розділ 2
4	Прийняття організаційно-технологічних рішень	5-6 тижні	Розділ 3
6	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	7 тиждень	
7	Оформлення графічної частини	8-10 тиждень	
8	Нормоконтроль та рецензування	11 тижні	
9	Захист роботи.	12 тиждень	

Студент(ка)

_____ Бездар Діджале
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Михайло КУЛІК
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩ)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота являє вирішення інженерних задач на прикладі будівництва монолітної житлової будівлі, кліматичні параметри для відтворюючого, снігового навантажень взяті як для міста Запоріжжя. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел.

У роботі проведено розробку архітектурно-будівельних рішень щодо зведення каркасу житлової будівлі з використанням комп'ютерних технологій і програмного забезпечення. Особлива увага приділена моделювання монолітних плит перекриття з використанням різних матеріалів.

Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення збільшення надійності монолітних конструкцій та їх елементів.

Ключові слова: технологічна надійність, монолітне будівництво, монолітно-каркасна технологія, моделювання матеріалів, залізобетонні конструкції..

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	7
1.1 Загальна характеристика ділянки.....	7
1.1.1 Характеристика будівлі	8
1.2 Об'ємно -планувальне рішення	9
1.3 Конструктивне рішення	10
1.4 Зовнішня й внутрішня обробка.....	12
1.5 Санітарно-технічне й інженерне встаткування	14
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	16
2.1 Навантаження на поперечну раму.....	16
2.2 Навантаження та впливи	17
2.3 Вітрове навантаження.....	19
2.4 Снігове навантаження.....	21
2.5 Статичний розрахунок.....	23
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	32
3.1 Технологічна карта на зведення типового поверху.....	32
3.2 Підрахунок обсягів робіт.....	34
3.3 Технологія будівельних робіт	37
3.4 Опалубні роботи.....	38
3.4 Арматурні роботи.....	40
3.6 Бетонування колон та перекриттів	43
3.7 Розпалубка конструкцій	45
3.8 Вибір вантажозахоплювальних пристроїв.....	50
3.9 Визначення основних необхідних параметрів баштового крана	52
3.10 Будівельний генеральний план об'єкту.....	54
3.10.1 Розрахунок площі тимчасових будівель	56
3.10.2 Розрахунок площ складів	58
3.10.3 Розрахунок потреби будівництва у воді	61
3.10.4 Забезпечення будівництва електроенергією	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ВСТУП

Дипломний проєкт присвячений розробці інженерних рішень для зведення монолітної будівлі та розгляд підвищення технологічної надійності монолітного домобудування шляхом розрахунку конструктивних елементів та оптимізації організації будівельних процесів на основі моделювання властивостей будівельних матеріалів.

Застосування монолітних технологій забезпечує не лише підвищену стійкість і довговічність конструкцій, але й створює можливості для впровадження сучасних архітектурних рішень та енергоефективних систем. У житловому будівництві Запоріжжя спостерігається зростання попиту на монолітні будинки завдяки їх теплотехнічним характеристикам, швидкості зведення та гнучкості у проєктуванні.

Таким чином, монолітне домобудування в умовах регіону виступає не лише як перспективна технологія, але й як елемент стратегії підвищення стійкості та безпеки міської інфраструктури. З урахуванням сучасних викликів і вимог до якості будівництва, дослідження технологічної надійності монолітних конструкцій на основі моделювання матеріалів має важливе прикладне значення.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Загальна характеристика ділянки

У місті Запоріжжя, що розташоване в південно-східній частині України, планується зведення триповерхового монолітного житлового будинку. Цей проєкт враховує особливості місцевих кліматичних і ґрунтових умов, щоб забезпечити надійність і комфорт майбутньої будівлі.

Клімат у Запоріжжі належить до II кліматичного району за українськими стандартами (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010), а зона вологості класифікується як помірно-суха. Температура найхолоднішого дня становить $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, а найхолоднішої п'ятиденки – $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це вимагає ретельного підходу до теплоізоляції стін, даху та вікон, а також облаштування ефективної вентиляції для підтримання комфортного мікроклімату в приміщеннях.

Ґрунти на ділянці представлені супісками та пісками середньої щільності з прошарками суглинків. Глибина залягання ґрунтових вод становить 8–10 м, і вони неагресивні. Глибина промерзання ґрунту коливається від 0,8 до 1,0 м, що необхідно врахувати при закладенні фундаменту. Для вибору оптимального типу фундаменту рекомендується провести додаткові геотехнічні дослідження.

Навантаження на будівлю включають снігове навантаження 1110 Па (111 кг/м^2), вітрове навантаження 460 Па (46 кг/м^2) і вплив ожеледі з товщиною стінки 19 мм та тиском 260 Па. Ці показники, визначені за ДБН В.1.2-2:2006, впливають на проєктування даху, фасадів і зовнішніх елементів, таких як водостоки чи електромережі, які потребують захисту від погодних умов.

Будівництво також має відповідати місцевим нормам і враховувати аспекти енергоефективності. Використання місцевих матеріалів і сучасних технологій може підвищити стійкість будинку до майбутніх кліматичних змін, зробивши проєкт довгостроково вигідним і комфортним для мешканців.

1.1.1 Характеристика будівлі

Проектована житлова будівля вирізняється простою прямокутною формою в плані, що робить її зручною для ефективного використання внутрішнього простору та спрощує процес зведення. Її габарити становлять 52,0 м завдовжки (в осях 1–11) та 16,6 м завширшки (в осях А–Е), що створює достатньо місця для комфортного проживання майбутніх мешканців.

Загальна висота споруди від поверхні землі сягає 15,25 м. Вона включає:

- підвальне приміщення заввишки 2,8 м, яке може слугувати для технічних чи господарських потреб;
- ти житлові поверхи, кожен з яких має висоту 3,3 м;
- вихід на покрівлю висотою 3,0 м.

Така структура не лише оптимізує вертикальний простір, а й забезпечує зручний доступ до даху для обслуговування чи навіть облаштування зони відпочинку.

Ця будівля належить до категорії житлової забудови й призначена для забезпечення комфортним житлом своїх мешканців. Її клас довговічності І вказує на використання високоякісних матеріалів і конструкцій, що обіцяє десятиліття надійної експлуатації. Клас вогнестійкості ІІ гарантує додатковий рівень безпеки у разі виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежа. Загалом споруда має три надземні поверхи та підвал.

Будівельний майданчик розташований на незабудованій ділянці в межах міста Запоріжжя. Відсутність сусідніх споруд спрощує організацію будівництва, дозволяє вільно розмістити об'єкт і, можливо, навіть передбачити невелику прибудинкову територію для мешканців.

Для зведення будівлі застосовується монолітний залізобетонний каркас, який складається з:

- вертикальних колон як основних несучих елементів;
- горизонтальних безбалочних плит перекриття й покриття.

Сітка колон різноманітна — $6,0 \times 6,0$ м, $3,0 \times 6,0$ м, $4,8 \times 6,0$ м, $2,8 \times 4,2$ м — і залежить від зонування внутрішнього простору. Це дає змогу гнучко адаптувати планування до потреб майбутніх жителів, створюючи як просторі, так і компактні приміщення.

Просторова жорсткість конструкції досягається завдяки міцному з'єднанню плит перекриття з колонами, а також використанню діафрагм жорсткості. Останні розміщені в районі сходових кліток і між секціями будівлі, виконуючи роль вертикальних дисків жорсткості. Таке рішення робить споруду стійкою до навантажень і деформацій, що особливо важливо в умовах сучасного міського середовища.

1.2 Об'ємно -планувальне рішення

Проект триповерхової житлової будівлі з підвалом розроблений з урахуванням сучасних будівельних норм, зокрема ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки», ДБН В.1.1-7:2016 щодо захисту від шуму та ДБН В.1.1-31:2013 про інклюзивність. Також враховано вимоги до пожежної безпеки, достатнього природного освітлення, санітарних умов і енергоефективності. Це робить будівлю комфортною, безпечною та відповідною до актуальних стандартів.

Будівля має три поверхи та підвал. На поверхах розміщені квартири різної площі, спільні приміщення для мешканців і технічні вузли. Підвал відведено для господарських потреб: там знаходяться комори, технічні приміщення та електрощитова. Планування продумане так, щоб кожен квадратний метр використовувався ефективно, а переміщення всередині було зручним і безпечним, з урахуванням евакуаційних шляхів і доступності для всіх.

У будівлі чітко виділені основні зони. Є загальнобудинкова частина з входами, вестибюлями, сходами та коридорами. Житлова зона — це квартири, де передбачені кухні, санвузли та кімнати для проживання. Технічна зона в підвалі включає інженерні системи, як-от індивідуальний тепловий пункт і

місця для зберігання речей мешканців. Таке зонування допомагає організувати простір максимально зручно.

Архітектура будівлі приваблює увагу завдяки ритмічному розташуванню вікон, стильному поєднанню кольорів на фасаді та сучасним матеріалам оздоблення. Це не лише робить споруду естетичною, а й гармонійно вписує її в міське середовище. Зовнішній вигляд продуманий до деталей, щоб радувати око.

Для людей з обмеженою мобільністю передбачено зручний доступ: на вході встановлено пандус із правильним ухилом, як того вимагає ДБН В.2.2-40:2018. Двері достатньо широкі, а сходи та коридори спроектовані так, щоб кожен міг почуватися комфортно. Інклюзивність — важлива частина цього проєкту.

Щоб мешканці не чули зайвого шуму, міжквартирні стіни зроблені з керамічних блоків із звукоізоляцією не менше 52 дБ. Усі стики ретельно герметизовані відповідно до норм ДБН В.1.1-7:2016. Це забезпечує тишу й спокій у кожній квартирі, що особливо цінно в багатоповерховому будинку.

Коридори загального користування мають ширину від 1,5 метра, що дозволяє вільно пересуватися і швидко евакуюватися в разі потреби. Простір сплановано з думкою про безпеку й комфорт усіх мешканців.

Крім того, проєкт дбає про енергоефективність. Завдяки якісній теплоізоляції та сучасним технологіям витрати на опалення й охолодження будуть нижчими. Використання екологічних матеріалів також сприяє здоровій атмосфері в приміщеннях, що робить будівлю не лише економною, а й приємною для життя..

1.3 Конструктивне рішення

Проектована триповерхова житлова будівля з підвалом, розташована у м. Запоріжжя, базується на конструктивній схемі монолітного залізобетонного каркаса. Таке рішення є сучасним і гарантує міцність, стійкість та тривалий

термін експлуатації споруди. Проєкт відповідає чинним нормативним документам України, зокрема ДБН В.2.6-98:2009 (бетонні та залізобетонні конструкції), ДБН В.2.1-10:2018 (основи і фундаменти), ДБН В.1.2-2:2006 (навантаження і впливи), а також стандартам на матеріали: ДСТУ Б В.2.6-168:2011 (арматурна сталь) і ДСТУ Б В.2.7-214:2009 (бетон). Дотримання вимог ДБН В.2.2-15:2019 забезпечує комфорт і безпеку для мешканців.

Фундамент споруди виконаний у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 450 мм, що спирається на бетонну підготовку з бетону С8/10 товщиною 150 мм. Для його виготовлення використано бетон класу С25/30 та арматуру А400С, що забезпечує високу міцність і здатність витримувати значні навантаження. Цей тип фундаменту ідеально підходить для рівномірного розподілу ваги будівлі, враховуючи особливості ґрунтів у Запоріжжі.

Зовнішні стіни підвалу являють собою монолітні залізобетонні конструкції товщиною 400 мм, що забезпечують надійність і захист від вологи. Гідроізоляція включає горизонтальний шар із двох шарів рубероїду на позначці –0.280 м і вертикальну обмазку гарячим бітумом у два шари. Такі заходи запобігають проникненню ґрунтових вод, підвищуючи довговічність підвалу, який може слугувати як технічне приміщення або додатковий простір.

Несучий каркас будівлі складається з монолітних залізобетонних колон перерізом 400×400 мм, виготовлених із бетону С25/30 та армованих сталлю А400С. Різноманітна сітка колон (6×6 м, 3×6 м, 4,8×6 м, 2,8×4,2 м) дозволяє гнучко організувати внутрішній простір. Перекриття та покриття виконані у вигляді безбалочних плит товщиною 200 мм із того ж бетону та арматури, з передбаченими отворами для прокладання інженерних комунікацій (водопостачання, опалення, каналізація).

Стійкість будівлі до горизонтальних навантажень, таких як вітрові чи сейсмічні, забезпечується діафрагмами жорсткості товщиною 200 мм із бетону С25/30, розташованими в зоні сходової клітини. Просторова жорсткість досягається завдяки взаємодії плит перекриттів, колон і діафрагм, що створює цілісну та надійну конструкцію.

Сходові марші та майданчики виконані монолітними, що гарантує їхню міцність і довговічність, а також спрощує процес будівництва, оскільки вони зводяться разом із каркасом.

Зовнішні стіни мають тришарову конструкцію: внутрішній шар із газобетонних блоків товщиною 400 мм (щільність 500 кг/м³), утеплювач із базальтової вати товщиною 200 мм (щільність 125 кг/м³) і зовнішнє облицювання цеглою товщиною 120 мм. Це забезпечує високу теплоізоляцію та естетичний вигляд будівлі.

Внутрішні перегородки виконані з керамічної цегли товщиною 120 мм на розчині М50 з армуванням, що сприяє звукоізоляції та міцності. Вікна — металопластикові з двокамерними енергоефективними склопакетами. Двері: внутрішні — пластикові, зовнішні — із подвійним склінням, а в технічних приміщеннях передбачені протипожежні двері. Перемички над отворами — монолітні, відповідають ДБН В.1.1-7:2016.

Будівля оснащена плоскою експлуатованою покрівлею, придатною для відпочинку чи технічних потреб. Покрівельний пиріг включає захисний шар, цементно-піщані стяжки, гідроізоляційні мембрани (Sika Sikaplan та EUROVENT BITUMI), шар розухилки з керамзиту, утеплювач із мінеральної вати ROCKWOOL Rockmin товщиною 250 мм і пароізоляцію. Така конструкція забезпечує водонепроникність, теплоізоляцію та відповідність вимогам безпеки й довговічності.

1.4 Зовнішня й внутрішня обробка

Зовнішнє оздоблення будівлі виконане з використанням декоративної штукатурки світлих відтінків. Це надає споруді сучасного та елегантного вигляду, а також захищає стіни від вологи, вітру та перепадів температур. Для створення контрасту та підкреслення архітектурних деталей, таких як кути чи віконні отвори, застосована фасадна плитка, що імітує натуральний камінь або

цеглу. Таке поєднання матеріалів забезпечує довговічність і стійкість до атмосферних впливів.

Вхідна група оформлена з особливою увагою до естетики та функціональності. Простір навколо входу прикрашений декоративними світильниками, які підкреслюють архітектуру будівлі в темний час доби та забезпечують безпечне пересування. Додатково біля входу можуть бути розміщені невеликі клумби або декоративні кущі, що створюють привітну атмосферу для мешканців і відвідувачів.

Для внутрішнього оздоблення стін обрано екологічно чисті та практичні матеріали. У житлових приміщеннях стіни покриті гіпсокартоном і пофарбовані водоемульсійною фарбою світлих тонів (бежевий, світло-сірий) або обклеєні шпалерами на флізеліновій основі з делікатним візерунком. У санвузлах і на кухнях використана керамічна плитка нейтральних кольорів, що полегшує догляд і додає приміщенню стильного вигляду.

Підлогове покриття варіюється залежно від призначення приміщень. У спальнях і вітальнях покладено ламінат або паркетну дошку з імітацією натурального дерева, що створює теплу та затишну атмосферу. У кухнях, ванних кімнатах і коридорах використана керамічна плитка з антиковзаючим покриттям, що гарантує безпеку та зручність у прибиранні.

Стелі в більшості приміщень оздоблені натяжними полотнами білого або світлого кольору, що дозволяє приховати комунікації та створити акуратний вигляд. У вітальнях або дитячих кімнатах можливе використання багаторівневих стель із вбудованим освітленням для додавання простору виразності. У технічних зонах стелі просто пофарбовані водоемульсійною фарбою.

Внутрішнє освітлення спроектовано для комфорту мешканців. У житлових кімнатах комбінується загальне освітлення (люстри або стельові світильники) із локальним (бра, торшери), що дозволяє налаштувати світло під різні потреби — від роботи до відпочинку. У коридорах і загальних зонах встановлені LED-світильники з датчиками руху для економії енергії.

Для внутрішнього оздоблення переважають світлі пастельні тони (м'ятний, ніжно-блакитний, бежевий), які візуально розширюють простір і створюють відчуття легкості. Зовні комбінуються світлі (основний колір фасаду) і темні (для акцентів) відтінки, що підкреслюють сучасний стиль будівлі та її архітектурну гармонію.

1.5 Санітарно-технічне й інженерне встаткування

Системи водопостачання та каналізації забезпечують подачу чистої води та ефективне відведення стоків. Для цього використовуються поліпропіленові труби, фітинги, насоси та лічильники від TIVA Ukraine. Їхня продукція, наприклад, труби для холодного та гарячого водопостачання, має високу міцність і стійкість до корозії, що ідеально підходить для багатоповерхових будинків. Каналізаційні системи від Truber включають труби та комплектуючі з гарантією до 50 років, що забезпечує довговічність. Для очищення води можна встановити фільтри від Epitsentr K, які відповідають санітарним нормам.

Система опалення розроблена з урахуванням кліматичних умов Запоріжжя, де температура може опускатися до -22°C . Радіатори від SanTehRai виготовляються з біметалу, що забезпечує високу тепловіддачу та стійкість до корозії. Їхні котли, наприклад, газові або електричні моделі, дозволяють ефективно обігрівати будівлю. Додатково можна використовувати системи теплої підлоги від TIVA Ukraine, які забезпечують рівномірний розподіл тепла в квартирах, підвищуючи комфорт для мешканців.

Для забезпечення свіжого повітря та комфортного мікроклімату передбачена система вентиляції з рекуператорами від K7. Ці системи дозволяють економити до 30% енергії за рахунок повторного використання тепла від відпрацьованого повітря. Рекуператори від K7 компактні та підходять для встановлення в житлових будинках, забезпечуючи ефективний повітрообмін у квартирах і загальних зонах.

ектрична система включає кабелі, розподільні щитки, лічильники та освітлювальні прилади. Truber постачає сертифіковані кабелі та електрообладнання, які відповідають стандартам безпеки ДБН. Для освітлення використовуються енергоефективні LED-світильники від Epitsentr K, які встановлюються в коридорах, сходових клітках і квартирах. Датчики руху в загальних зонах дозволяють економити електроенергію.

Пожежна безпека забезпечується системами від K7, включаючи спринклери, пожежні гідранти та сигналізацію, що відповідають нормам ДБН В.1.1-7:2016. Системи відеоспостереження та домофони від цієї ж компанії забезпечують контроль доступу та безпеку. Наприклад, домофони з відеокамерами дозволяють мешканцям перевіряти відвідувачів, а системи відеоспостереження охоплюють вхідну зону та прибудинкову територію.

Для забезпечення сучасних потреб мешканців передбачені слабкоструміві системи, такі як інтернет і домофонні мережі. K7 пропонує обладнання для прокладання кабельних мереж, що забезпечує стабільне підключення до інтернету. Домофони від TIVA Ukraine інтегруються з відеосистемами, що підвищує зручність і безпеку.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Навантаження на поперечну раму

У місті Запоріжжя проєктується триповерхова житлова будівля з монолітним залізобетонним каркасом, який забезпечує високу міцність, довговічність і гнучкість у плануванні внутрішнього простору. Каркас складається з фундаментної плити, колон, плит перекриття, покриття та діафрагм жорсткості. Така конструкція ідеально підходить для сучасних житлових будинків, адже вона стійка до кліматичних навантажень і дозволяє створювати комфортні умови для мешканців.

Фундамент будівлі виконаний у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 450 мм, яка рівномірно розподіляє навантаження на ґрунт. Колони мають квадратний переріз 400×400 мм і розташовані за різноманітною сіткою (6×6 м, 3×6 м, $4,8 \times 6$ м, $2,8 \times 4,2$ м), що дає змогу адаптувати планування до потреб мешканців. Плити перекриття та покриття товщиною 200 мм забезпечують міцність і рівну основу для оздоблення. Діафрагми жорсткості товщиною 200 мм, розміщені вздовж сходової клітини, підвищують стійкість будівлі до горизонтальних сил, таких як вітрові чи сейсмічні впливи.

Усі конструктивні елементи виготовлені з бетону класу C25/30, який має високу міцність і стійкість до навантажень, та арматури класу A400C, що забезпечує необхідну гнучкість і захист від деформацій. Проєкт відповідає нормам ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» та ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції», що гарантує безпеку й надійність споруди. Використання якісних матеріалів також сприяє тривалому терміну експлуатації будівлі.

Запоріжжя належить до III снігового району з нормативним сніговим навантаженням 800 Па, що враховано при проєктуванні даху для витримування снігового покриву. Також місто входить до III вітрового району, де швидкісний напір вітру становить 380 Па. Ці параметри використані для забезпечення

стійкості фасадів і всієї конструкції до погодних умов, що є важливим для регіону з помірно-континентальним кліматом.

Для аналізу конструкції створено розрахункову модель у програмному комплексі «САПФІР-3D», який дозволяє точно відтворити архітектурний проект у тривимірному форматі. Геометрична схема експортована у формат IFC для інтеграції з іншими системами та адаптована до розрахунків. Основні статичні розрахунки виконано в ПК «ЛІРА-САПР», де враховано всі нормативні навантаження, включаючи вагу конструкцій, сніг і вітер. Схема з розбиттям на кінцеві елементи, яка показує розподіл напружень, представлена на рисунку 2.1.

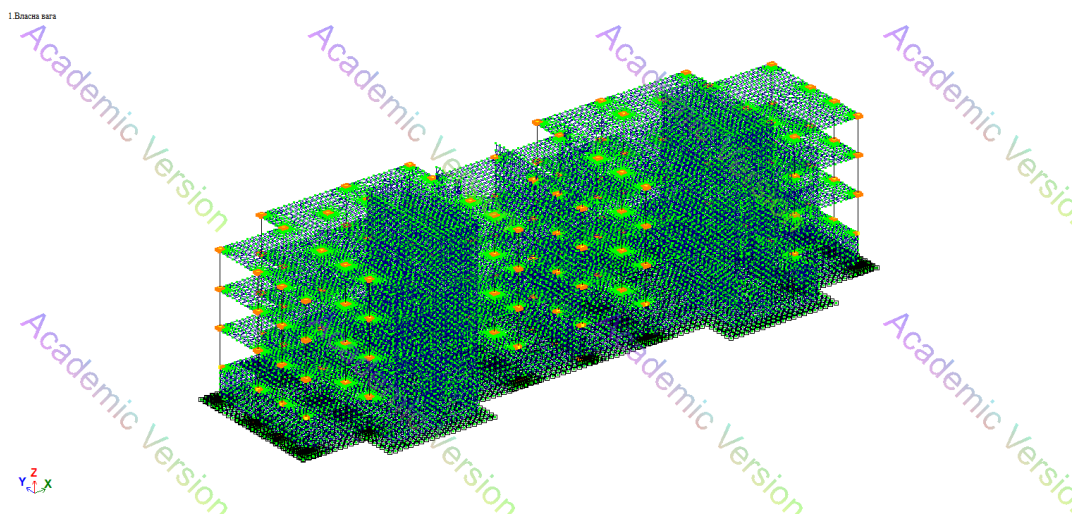


Рисунок – 2.1 Розрахункова схема будинку.

2.2 Навантаження та впливи

Навантаження та впливи на конструктивні елементи триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі визначалися відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування». Усі розрахункові параметри, включаючи постійні, тимчасові та кліматичні навантаження, були автоматично сформовані в програмному комплексі «САПФІР-3D». Цей комплекс також створив розрахункову схему будівлі, яка була передана до ПК «ЛІРА-САПР»

для детального інженерного аналізу, що дозволило оцінити поведінку конструкції під дією різних сил.

Навантаження та впливи на конструктивні елементи триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі визначалися відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування». Усі розрахункові параметри, включаючи постійні, тимчасові та кліматичні навантаження, були автоматично сформовані в програмному комплексі «САПФІР-3D». Цей комплекс також створив розрахункову схему будівлі, яка була передана до ПК «ЛІРА-САПР» для детального інженерного аналізу, що дозволило оцінити поведінку конструкції під дією різних сил.

Дані про навантаження від огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, утеплювача, облицювання) та внутрішніх перегородок були імпортовані з BIM-моделі, створеної в Autodesk Revit 2022, у форматі IFC. У «САПФІР-3D» ці дані автоматично оброблялися, а за потреби доповнювалися додатковими навантаженнями, такими як вага інженерних систем чи оздоблення. Постійні навантаження (від конструкцій), експлуатаційні (від меблів, людей) та кліматичні (сніг, вітер) призначалися відповідно до нормативів безпосередньо в інтерфейсі «САПФІР-3D», що забезпечило точність і узгодженість розрахунків.

Власна вага залізобетонних елементів, таких як колони, плити перекриття, фундаментна плита та діафрагми жорсткості, автоматично розраховувалася в ПК «ЛІРА-САПР» на основі фізичних характеристик матеріалів. Для бетону класу C25/30 прийнято щільність 2500 кг/м^3 , що відповідає типовим значенням для монолітних конструкцій. Такий підхід дозволив точно врахувати вплив маси конструкцій на загальну стійкість будівлі, особливо для фундаментної плити, яка сприймає основне навантаження.

Для підлоги підвалу, першого поверху та типових поверхів використано уточнені параметри матеріалів. Наприклад, для цементно-піщаної стяжки прийнято щільність 1900 кг/м^3 (замість 1800 кг/м^3), а для мінеральної вати —

120 кг/м³ (замість 100 кг/м³), що відображає сучасні стандарти матеріалів. У підвалі стяжка товщиною 0,1 м і теплоізоляція товщиною 0,05 м створюють нормативне навантаження 195 кг/м², а з урахуванням коефіцієнта надійності 1,3 — розрахункове навантаження 253,5 кг/м². Корисне навантаження (150 кг/м²) для підвалу враховує господарське використання простору. На першому поверсі, у вестибюлі, додано мармурове покриття (щільність 2600 кг/м³), що разом із стяжкою та ізоляцією дає 223 кг/м² нормативного та 289,9 кг/м² розрахункового навантаження. Житлові приміщення мають аналогічну стяжку, ізоляцію та мармурове покриття товщиною 0,02 м, що формує сумарне розрахункове навантаження 519,9 кг/м² з урахуванням корисного навантаження 195 кг/м².

Покрівля будівлі, як експлуатована плоска конструкція, зазнає значних навантажень. Уточнена щільність цементно-піщаної стяжки становить 1900 кг/м³, а теплоізоляційного шару з мінеральної вати — 120 кг/м³. Ухилоутворюючий шар із керамзиту має щільність 650 кг/м³. Загальне нормативне навантаження від покрівельного пирога становить 479 кг/м², а розрахункове, з коефіцієнтом надійності 1,3, — 622,7 кг/м². Корисне навантаження на покрівлю (50 кг/м²) враховує можливе використання для технічного обслуговування чи відпочинку, що дає сумарне розрахункове навантаження 687,7 кг/м².

2.3 Вітрове навантаження

Вітрове навантаження на триповерхову житлову будівлю в Запоріжжі визначено відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування». Навантаження поділяються на активне, що діє на навітряний бік фасаду, і пасивне, яке створює розрідження з підвітряного боку. Ці впливи розраховані для фасадів і елементів каркаса, а для спрощення аналізу вони

зведені до зосереджених сил, прикладених до вузлів конструкції на рівнях міжповерхових перекриттів.

ефіцієнт надійності за навантаженням прийнято як 1,15, що відповідає строку експлуатації будівлі в 50 років. Аеродинамічний коефіцієнт враховує форму будівлі, напрямок вітру та висоту, а коефіцієнт висоти відображає зростання тиску на вищих рівнях. Для точності також застосовані додаткові коефіцієнти: висотний, рельєфний, напрямний і динамічний, останній із значенням 0,95.

Для навітряного боку базовий аеродинамічний коефіцієнт становить 0,8, а для підвітряного — -0,6, що вказує на ефект розрідження. З урахуванням коефіцієнта висоти, який змінюється від 0,65 на першому поверсі до 1,20 на рівні покрівлі, отримано такі значення аеродинамічного коефіцієнта:

1-й поверх: 0,494 (навітряний), -0,371 (підвітряний);

2-й поверх: 0,570 (навітряний), -0,428 (підвітряний);

3-й поверх: 0,760 (навітряний), -0,570 (підвітряний);

Покрівля: 0,912 (навітряний), -0,684 (підвітряний).

Ці значення відображають, як форма будівлі та її висота впливають на розподіл вітрового тиску.

Розподілене навантаження на фасади розраховане з урахуванням нормативного тиску, коефіцієнта надійності та аеродинамічних коефіцієнтів. Результати для навітряного боку:

1-й поверх: 261 Па;

2-й поверх: 301 Па;

3-й поверх: 402 Па;

Покрівля: 482 Па.

Для підвітряного боку, де діє розрідження:

1-й поверх: -196 Па;

2-й поверх: -226 Па;

3-й поверх: -301 Па;

Покрівля: -362 Па.

Ці значення показують зростання навантаження з висотою через більшу швидкість вітру на верхніх рівнях.

Для інженерного аналізу в програмному комплексі «ЛІРА-САПР» розподілені навантаження переведено в зосереджені сили, прикладені до вузлів каркаса. Для фасаду шириною 52 м і висотою поверху 3,3 м (3,0 м для покрівлі) отримано:

1-й поверх: 4,48 т/м (навітряний), -3,36 т/м (підвітряний);

2-й поверх: 5,16 т/м (навітряний), -3,88 т/м (підвітряний);

3-й поверх: 6,89 т/м (навітряний), -5,16 т/м (підвітряний);

Покрівля: 7,52 т/м (навітряний), -5,65 т/м (підвітряний).

Ці сили враховують вплив вітру на конструкцію для подальшого аналізу її стійкості.

2.4 Снігове навантаження

Снігове навантаження на покрівлю триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі визначено відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування». Це навантаження враховує кліматичні особливості регіону, геометрію покрівлі та режим її експлуатації. Розрахунок дозволяє оцінити максимальний тиск снігу на покриття, щоб забезпечити міцність конструкції та безпеку мешканців.

Запоріжжя належить до III снігового району, де нормативне значення снігового навантаження становить 1100 Па, як зазначено в додатку ДБН В.1.2-2:2006. Для розрахунку граничного значення застосовується коефіцієнт надійності за навантаженням 1,2, а також коригувальний коефіцієнт, який враховує форму даху та умови експлуатації. У результаті граничне розрахункове навантаження на 1 м² покриття становить 1368 Па (1,368 кН/м²), що відображає максимальний вплив снігу на плоску покрівлю.

Розрахунок снігового навантаження включає кілька коригувальних коефіцієнтів. Коефіцієнт переходу від маси снігу на ґрунті до навантаження на покрівлю залежить від кута нахилу даху. Для плоскої покрівлі з кутом нахилу до 25° цей коефіцієнт становить 1, що означає повне врахування снігового покриву. Загальний коефіцієнт також враховує режим експлуатації покрівлі та географічне розташування. Коефіцієнт режиму експлуатації прийнято як 1, оскільки покрівля є експлуатованою, але без особливих умов. Коефіцієнт географічної висоти також становить 1, адже Запоріжжя розташоване на рівнинній місцевості.

Особлива увага приділена зоні біля парапету, де сніг накопичується через обмеження його здування вітром. Висота парапету становить 0,76 м, а зона накопичення снігу простягається на 1,2 м від нього. У цій зоні коефіцієнт переходу від маси снігу до навантаження становить 1,6, що відображає підвищене скупчення снігу. Загальний коригувальний коефіцієнт для зони біля парапету також дорівнює 1,6, що враховує комбінацію коефіцієнтів переходу, режиму експлуатації та географічної висоти. У результаті максимальне снігове навантаження біля парапету досягає 2112 Па (2,112 кН/м²).

Снігове навантаження максимальне безпосередньо біля парапету, але зменшується з віддаленням від нього. На відстані 1,52 м (що дорівнює подвоєній висоті парапету) навантаження знижується до стандартного значення 1368 Па (1,368 кН/м²). Такий розподіл враховує природне здування снігу вітром на відкритих ділянках плоскої покрівлі, що зменшує тиск на конструкцію в цих зонах. Для забезпечення безпеки передбачено регулярне очищення покрівлі від надлишкового снігу, особливо в зонах біля парапетів.

Конструкція покрівлі спроектована з урахуванням підвищеного снігового навантаження в зоні парапету, що вимагає посилення плит перекриття в цих ділянках. Використання монолітного залізобетонного каркаса дозволяє ефективно розподілити навантаження на колони та фундамент. Додатково враховано можливість встановлення системи обігріву покрівлі для запобігання накопиченню снігу, що підвищує безпеку та знижує навантаження в зимовий

період. Розрахунки підтверджені аналізом у програмному комплексі «ЛІРА-САПР», що забезпечує відповідність конструкції нормативним вимогам.

2.5 Статичний розрахунок

Розрахунок несучих конструкцій будівлі виконано за методом кінцевих елементів (МКЕ), який дозволяє точно моделювати поведінку складних просторових систем під дією різних навантажень. У розрахунковій моделі основними невідомими визначено вузлові переміщення, що включають поступальні рухи вздовж осей X , Y і Z , а також обертання навколо цих осей (UX , UY , UZ). Такий підхід забезпечує детальний аналіз деформацій і напружень у всіх елементах конструкції, що є ключовим для забезпечення надійності та безпеки будівлі.

Плити перекриття розраховувалися як частина цілісної просторової моделі будівлі, що враховує їхню взаємодію з іншими елементами, зокрема жорстке з'єднання з колонами. Це дозволяє точно відтворити передачу навантажень між плитами, колонами та фундаментом, а також оцінити вплив деформацій на загальну стійкість конструкції. Моделювання виконано з урахуванням реальних геометричних і матеріальних характеристик, що забезпечує високу достовірність результатів.

Розрахунки проведено з використанням сучасного програмного забезпечення. Спочатку в «САПФІР-3D» сформовано розрахункову схему будівлі та визначено всі типи навантажень. Дані з «САПФІР-3D» експортовано до ПК «ЛІРА-САПР» для виконання детального інженерного аналізу. Інформаційна модель будівлі, створена в Autodesk Revit 2024, була інтегрована з «САПФІР-3D» через формат IFC, що значно прискорило підготовку розрахункової схеми. Така інтеграція BIM-технологій дозволила мінімізувати помилки та оптимізувати робочий процес.

Для аналізу враховано кілька типів статичних навантажень:

Постійні навантаження (завантаження 1–3): власна вага залізобетонних плит, маса підлогового покриття та навантаження від зовнішніх стін.

Тривале експлуатаційне навантаження (завантаження 4): корисне навантаження на перекриття, пов'язане з меблями, обладнанням і людьми.

Тривале статичне навантаження (завантаження 5): вага внутрішніх перегородок.

Снігове навантаження (завантаження 6): тиск снігу на покрівлю, характерний для III снігового району Запоріжжя.

Вітрове навантаження (завантаження 7–8): вплив вітру вздовж осей X і Y під кутом 90° , що враховує кліматичні умови II вітрового району.

Ці навантаження були детально змодельовані в «САПФІР-3D» і передані до «ЛІРА-САПР» для аналізу.

Власна вага залізобетонних елементів, таких як колони, плити перекриття, фундаментна плита та діафрагми жорсткості, автоматично розраховувалася в ПК «ЛІРА-САПР» на основі їхніх геометричних параметрів і властивостей матеріалів. Для бетону класу C25/30 прийнято щільність 2500 кг/м^3 , що відповідає стандартам для монолітних конструкцій. Автоматизація цього процесу підвищила точність розрахунків і зменшила ризик людських помилок.

Після завершення аналізу в «ЛІРА-САПР» результати підбору арматури для залізобетонних елементів (колон, плит, діафрагм) експортувалися назад до «САПФІР-3D». На основі цих даних програмне забезпечення автоматично згенерувало креслення армування, включаючи схеми розташування арматурних стержнів і специфікації матеріалів. Ці креслення стали частиною графічної документації проєкту, що спростило підготовку до будівництва та забезпечило відповідність проєктних рішень нормативним вимогам.

Використання BIM-технологій і програмного забезпечення «САПФІР-3D» та «ЛІРА-САПР» дозволило не лише прискорити процес розрахунків, а й підвищити їхню точність завдяки інтеграції даних із Revit 2024. Такий підхід

забезпечує безперервний обмін інформацією між архітектурною, конструктивною та інженерною частинами проєкту. Крім того, врахування всіх типів навантажень, включаючи кліматичні, гарантує, що будівля витримає снігові та вітрові впливи, характерні для Запоріжжя. Для підвищення безпеки передбачено додатковий аналіз динамічних навантажень, таких як сейсмічні, хоча для регіону вони менш актуальні.

Розрахункова модель монолітної залізобетонної плити перекриття в осях 1–6, А–Е представлена на рисунку 2.18. Ця модель відтворює геометрію, матеріальні характеристики та навантаження, які діють на плиту, забезпечуючи точний аналіз її поведінки в складі просторового каркаса будівлі. Результати статичного аналізу, включаючи розподіл напружень і деформацій, наведено на рисунках 2.18–2.25. Модель створена з урахуванням жорсткого з'єднання плити з колонами, що дозволяє коректно врахувати передачу зусиль між елементами конструкції.

Перекриття виконано з монолітного бетону класу C25/30, який характеризується високою міцністю та стійкістю до навантажень, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції». Для армування застосовано поздовжню та поперечну арматуру класу А400С відповідно до ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій». Цей клас арматури забезпечує необхідну міцність і пластичність, що є важливим для витримування згинальних моментів і деформацій у плиті.

Розрахунок поздовжнього армування плити виконано з урахуванням умов міцності нормальних перерізів, де основним фактором є найбільший позитивний згинальний момент у прольоті. Цей момент виникає в центральних зонах плити, де навантаження від власної ваги, підлогового покриття та корисного навантаження досягає максимуму. Аналіз проводився для забезпечення достатньої несучої здатності плити та запобігання утворенню тріщин під дією навантажень.

Підбір арматури здійснювався за допомогою програмного комплексу «ЛІРА-АРМ», який є модулем ПК «ЛІРА-САПР» і спеціалізується на

розрахунку залізобетонних конструкцій. Програма автоматично аналізує розподіл згинальних моментів і визначає необхідну кількість і розташування арматурних стержнів. Дані для розрахунку імпортувалися з «САПФІР-3D», де була створена початкова модель плити, інтегрована з BIM-моделлю будівлі в Autodesk Revit 2024 через формат IFC. Такий підхід значно прискорив процес проєктування та підвищив точність.

Результати підбору арматури базуються на аналізі міцності нормальних перерізів. Поздовжня арматура розташована окремими стрижнями, які розміщуються відповідно до ізополів — ліній однакових згинальних моментів. Розподіл арматури відповідає зонам максимальних напружень, що забезпечує оптимальне використання матеріалу та рівномірне сприйняття навантажень. Поперечна арматура додатково підсилює плиту, запобігаючи зсувним деформаціям. Наприклад, у центральних прольотах діаметр поздовжньої арматури становить 12–16 мм із кроком 150–200 мм, тоді як у зонах біля колон арматура ущільнюється для витримування більших моментів.

Після завершення розрахунків у «ЛІРА-АРМ» результати підбору арматури експортувалися назад до «САПФІР-3D». На основі цих даних автоматично створено креслення армування, включаючи схеми розташування стрижнів, специфікації арматури та деталі вузлів. Ці креслення увійшли до графічної частини проєктної документації, що спрощує будівельний процес і забезпечує відповідність конструкції нормативним вимогам. Інтеграція з BIM-технологіями дозволила синхронізувати розрахункові дані з архітектурними та інженерними розділами проєкту.

Результати розрахунків у ЛІРА-САПР можна бачити нижче.

Розрахунок плити враховує не лише статичні навантаження, такі як власна вага, маса підлоги, снігове та вітрове навантаження, а й потенційні динамічні впливи, що підвищує надійність конструкції. Використання монолітного бетону C25/30 та арматури A400C забезпечує довговічність плити, а точне розташування арматури за ізополями оптимізує витрати матеріалів. Для підвищення енергоефективності передбачено можливість інтеграції ізоляційних

шарів у конструкцію підлоги, що зменшує тепловтрати через перекриття. Застосування програмного забезпечення «ЛІРА-САПР» і «САПФІР-3D» у поєднанні з Revit 2024 забезпечило швидке виконання розрахунків і високу якість проєктних рішень, що є важливим для сучасного будівництва.



Рисунок 2.2 – Ізополя переміщень по осі Z

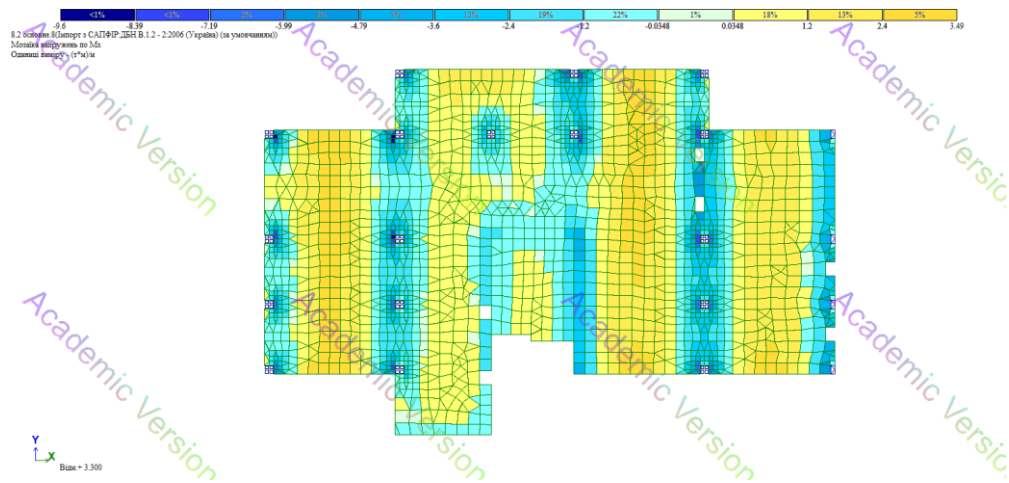


Рисунок 2.3 – Мозаїка напруг по Mx

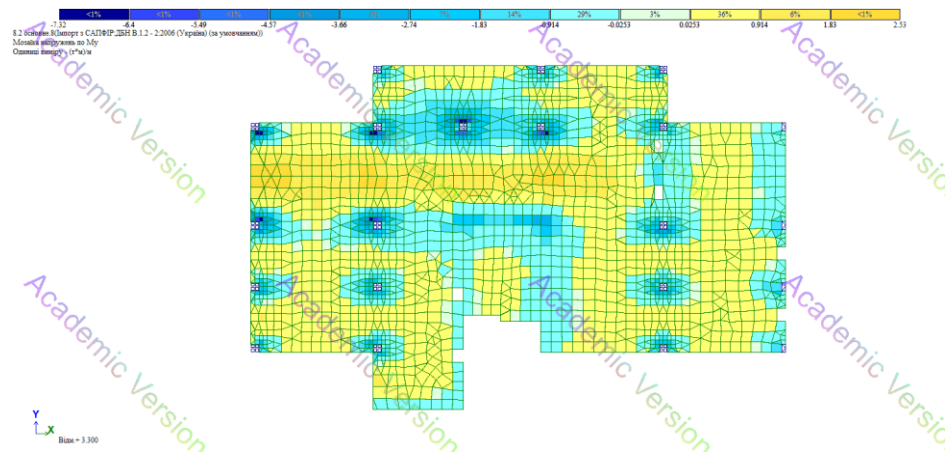


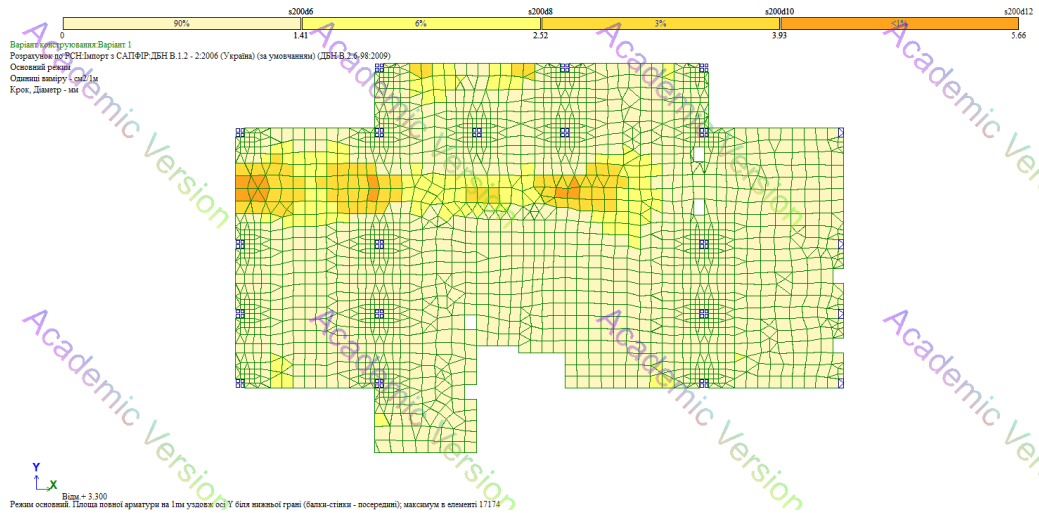
Рисунок 2.4 – Мозаїка напруг по M_y 

Рисунок 2.5 – Нижня арматура по осі Y

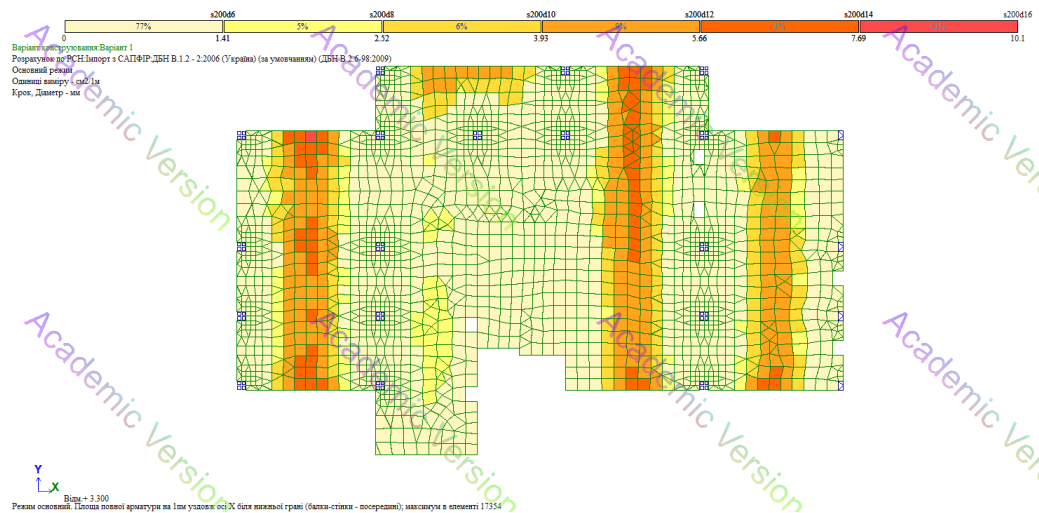


Рисунок 2.6 – Нижня арматура по осі X

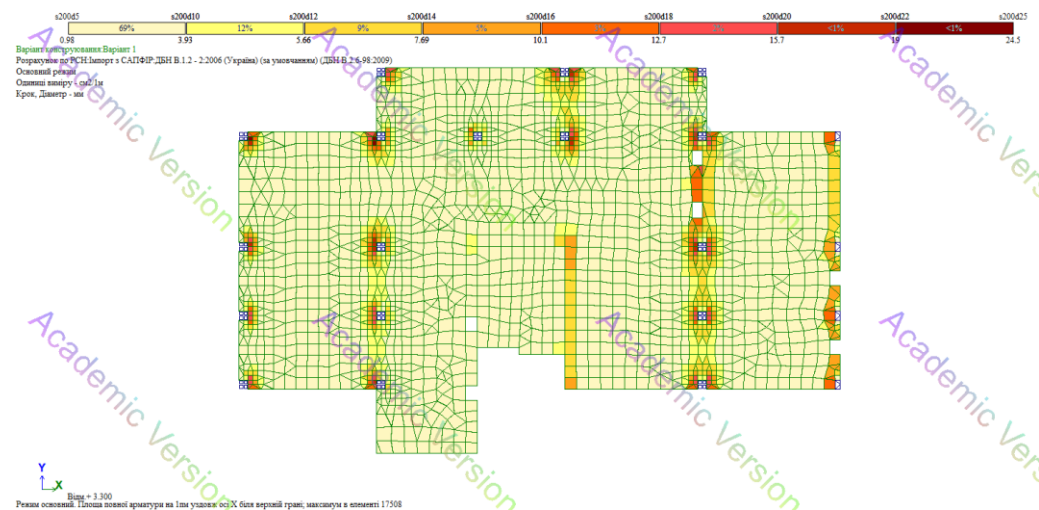


Рисунок 2.7 – Верхня арматура по осі X

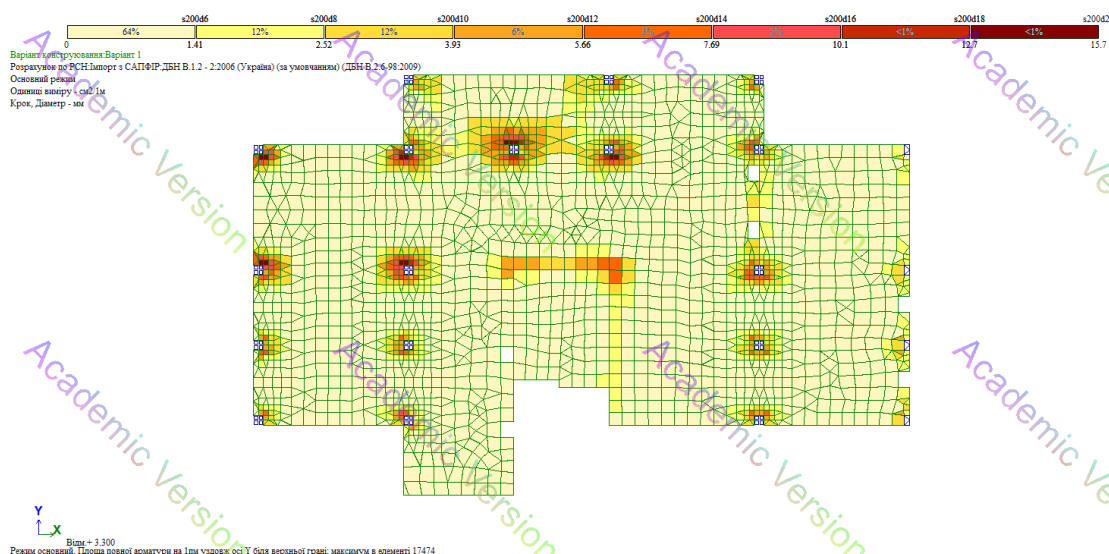


Рисунок 2.8 – Верхня арматура по осі Y

Арматура в монолітній залізобетонній плиті перекриття розташовується відповідно до епюри згинальних моментів, яка відображає розподіл напружень у прольотних зонах. Цей підхід подібний до армування нерозрізних плит, де арматурні стержні концентруються в ділянках із найбільшими згинальними моментами, зокрема в центральних частинах прольотів і біля опор. Поздовжня арматура класу А400С розміщується з урахуванням ізополів (ліній однакових моментів), що забезпечує оптимальне сприйняття навантажень і економію матеріалів. Поперечна арматура додатково запобігає зсувним деформаціям, особливо в зонах біля колон, де навантаження є більш інтенсивним.

Аналіз прогинів плити перекриття виконано на основі тривимірної просторової моделі будівлі, створеної в програмному комплексі «САПФІР-3D» і проаналізованої в «ЛПРА-САПР». Модель враховує всі типи навантажень, включаючи власну вагу плити, масу підлогового покриття, експлуатаційні навантаження, а також снігове та вітрове навантаження, характерні для Запоріжжя. Результати розрахунку прогинів представлені на відповідному зображенні, яке демонструє розподіл вертикальних переміщень по поверхні плити.

З отриманих даних видно, що максимальні прогини плити не перевищують допустимих меж, визначених ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції». Наприклад, для плити товщиною 200 мм із прольотом до 6 м максимальний прогин становить менше $1/250$ від довжини прольоту, що відповідає нормативним вимогам. Це свідчить про достатню жорсткість конструкції та правильність підбору арматури. Найбільші переміщення спостерігаються в центральних зонах прольотів, тоді як біля колон і діафрагм жорсткості прогини мінімальні завдяки жорсткому з'єднанню.

Розрахунок і розміщення арматури виконані з використанням BIM-технологій, що забезпечило високу точність і ефективність проєктування. Модель плити, створена в Autodesk Revit 2024, була імпортована в «САПФІР-3D» через формат IFC, де визначено епюру згинальних моментів і проведено попередній аналіз. Далі дані передані до «ЛІРА-САПР» для детального розрахунку прогинів і підбору арматури за допомогою модуля «ЛІРА-АРМ». Після завершення аналізу результати повернуто до «САПФІР-3D» для автоматичної генерації креслень армування, які включають схеми розташування стержнів і специфікації матеріалів.

Для забезпечення довговічності плити передбачено додаткові заходи, такі як захист арматури від корозії шляхом дотримання товщини захисного шару бетону (не менше 20 мм відповідно до ДСТУ 3760:2019). Також враховано можливість динамічних навантажень, таких як вібрації від обладнання чи руху людей, хоча для житлової будівлі вони є незначними. Для підвищення комфорту мешканців у конструкцію підлоги інтегровано звукоізоляційні шари, які зменшують передачу шуму через перекриття. Аналіз прогинів також підтвердив, що плита відповідає вимогам щодо експлуатаційної придатності, зокрема щодо відсутності тріщин і деформацій, які могли б вплинути на оздоблення чи інженерні системи.

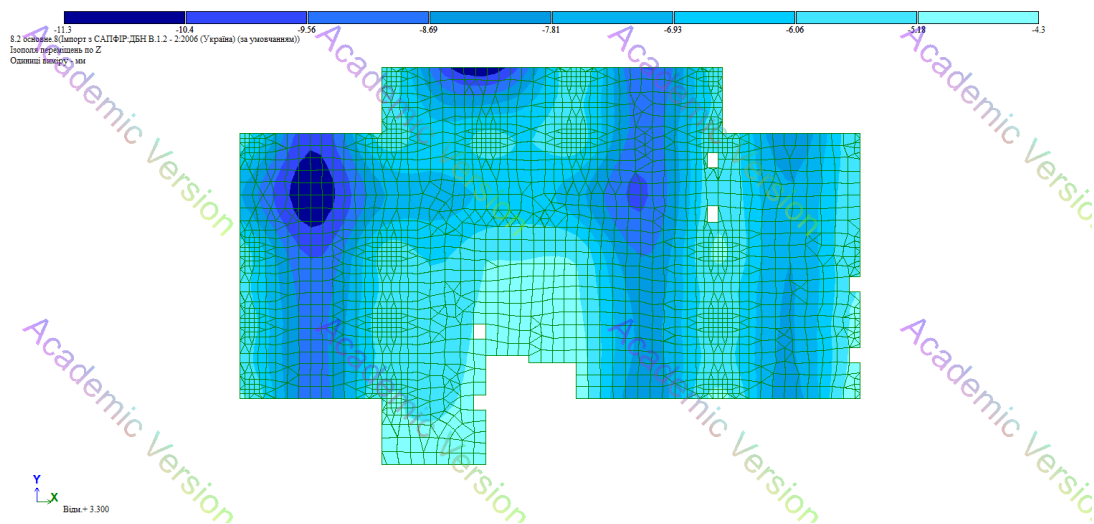


Рисунок 2.9 – Ізополя переміщень плити перекриття по осі Z

Розрахунок прогинів монолітної залізобетонної плити перекриття виконано відповідно до ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування». Цей стандарт визначає допустимі межі деформацій конструкцій, щоб забезпечити їхню надійність, безпеку та комфорт під час експлуатації. Аналіз проводився з урахуванням усіх навантажень, включаючи власну вагу плити, масу підлогового покриття, експлуатаційні та кліматичні навантаження, характерні для Запоріжжя. Результати підтверджують, що плита відповідає нормативним вимогам щодо жорсткості та міцності.

Максимальний розрахунковий прогин плити становить 11 мм, що значно менше допустимого значення, визначеного стандартом. Для прольоту довжиною 6000 мм допустимий прогин, згідно з ДСТУ, становить 30 мм (1/200 від довжини прольоту). Отримане значення прогину свідчить про високу жорсткість конструкції, що запобігає появі тріщин, деформацій чи дискомфорту для мешканців. Найбільші переміщення спостерігаються в центральних зонах прольотів, тоді як у зонах біля колон і діафрагм жорсткості прогини мінімальні завдяки жорсткому з'єднанню з каркасом.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

3.1 Технологічна карта на зведення типового поверху

Розробка технологічних карт для ключових будівельних процесів, таких як опалубні, арматурні, бетонні роботи, витримування бетону та розпалубка, передбачає створення детальних інструкцій, які визначають послідовність операцій, їхню координацію в просторі та часі. У контексті проєкту триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі ці карти спрямовані на забезпечення безперебійного виконання робіт, підвищення якості конструкцій і скорочення строків будівництва. Технологічні карти враховують сучасні стандарти, зокрема ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», та оптимізують використання ресурсів.

Для даного проєкту передбачено створення єдиної комплексної технологічної карти, яка охоплює всі етапи бетонування одного типового поверху будівлі. Ця карта деталізує процеси від встановлення опалубки до розпалубки готових конструкцій, включаючи підготовку арматурного каркаса, заливку бетонної суміші та її витримування. Вона враховує особливості монолітного будівництва, такі як необхідність точного дотримання технологічних пауз і контролю якості матеріалів, щоб забезпечити міцність і довговічність залізобетонних елементів, таких як плити перекриття, колони та діафрагми жорсткості.

Технологічна карта розроблена з урахуванням обраної системи опалубки, наприклад, модульної опалубки від українського виробника Budforma, яка дозволяє швидко монтувати та демонтувати конструкції. Для транспортування бетонної суміші передбачено використання бетононасосів і автобетононасосів, а для ущільнення — глибинних вібраторів від Epitsentr К. Будівельні крани, такі як баштові крани від Kyiv Crane Machinery, забезпечують підйом арматури,

опалубки та інших матеріалів. Допоміжне обладнання, включаючи риштування та тимчасові опори, підібрано для підвищення безпеки та ефективності робіт.

Основна мета впровадження технологічної карти — гарантувати ритмічне та безперебійне виконання опалубних, арматурних і бетонних робіт. Для цього процеси чітко скоординовані: наприклад, підготовка арматурного каркаса виконується паралельно зі складанням опалубки, а заливка бетону планується в межах однієї зміни для забезпечення монолітності конструкції. Організація робіт у дві або три зміни дозволяє максимально використовувати обладнання, зокрема бетононасоси та крани, що скорочує загальну тривалість будівництва та знижує прості техніки.

Технологічна карта сприяє раціональному використанню трудових, матеріальних і технічних ресурсів. Наприклад, детальний графік робіт мінімізує надлишкове залучення працівників, а точний розрахунок обсягів бетону (класу C25/30) і арматури (A400C) запобігає перевитратам матеріалів. Використання місцевих постачальників, таких як BetonEnergо для бетону та арматури, знижує логістичні витрати. Механізація процесів, включаючи автоматизоване змішування бетону та віброущільнення, підвищує продуктивність і якість робіт, зменшуючи залежність від ручної праці.

Особлива увага в технологічній карті приділена витримуванню бетону, що є критичним для набору міцності конструкцій. Процес включає підтримання оптимальної вологості та температури бетону протягом 7–14 діб, залежно від кліматичних умов Запоріжжя. Для цього використовуються укриття матеріали та системи поливу, а в холодний період — теплові гармати для запобігання замерзанню. Контроль якості здійснюється шляхом випробувань зразків бетону на міцність, а також перевірки геометричної точності опалубки та арматурного каркаса перед заливкою.

Впровадження комплексної технологічної карти дозволяє не лише прискорити будівництво, а й підвищити безпеку на майданчику завдяки чіткій організації робіт. Наприклад, передбачено навчання працівників щодо

правильного використання опалубки та обладнання, а також дотримання техніки безпеки відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека». Використання цифрових інструментів, таких як BIM-моделі в Autodesk Revit 2024, інтегровані з «САПФІР-3D», забезпечує точне планування обсягів робіт і координацію між підрядниками. У перспективі технологічна карта може бути адаптована для інших проєктів монолітного будівництва, що підвищує її універсальність.

3.2 Підрахунок обсягів робіт

Визначення обсягів будівельних робіт для проєкту триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі базується на завданні на проєктування, архітектурно-планувальних рішеннях типового поверху та детальних специфікаціях конструктивних елементів. Ці елементи включають як монолітні залізобетонні конструкції (плити перекриття, колони, стіни, діафрагми жорсткості), так і, за потреби, збірні компоненти. Розрахунки виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції», що забезпечує точність і відповідність стандартам.

Відомість обсягів робіт складається в логічній послідовності, яка відображає технологію зведення конструктивних елементів будівлі. У даному проєкті основна увага приділена надземній частині типового поверху, що включає монолітні плити перекриття товщиною 200 мм, колони перерізом 400×400 мм і стіни. Послідовність робіт структурована так, щоб відповідати технологічній карті, яка визначає етапи опалубних, арматурних, бетонних робіт і витримування бетону. Це забезпечує безперервність будівельного процесу та оптимальне використання ресурсів.

На основі аналізу архітектурних і конструктивних рішень створено специфікацію основних елементів. Для кожного елемента — плит перекриття,

колон, стін чи збірних компонентів — розраховується об'єм (у кубічних метрах), маса (з урахуванням щільності бетону C25/30 — 2500 кг/м³) і кількість одиниць. Наприклад, для типового поверху з площею 52×16,6 м об'єм бетону для плити перекриття становить приблизно 172 м³. Сумарні обсяги підраховуються для кожної захватки, типового поверху та всієї будівлі, що дозволяє точно оцінити потребу в матеріалах, таких як бетон і арматура A400C, а також планувати логістику.

Для оптимізації будівельно-монтажних робіт і підвищення ефективності будівельний майданчик умовно поділено на захватки — окремі зони, де роботи виконуються послідовно. Кожна захватка відповідає технічній послідовності, визначеній технологічною картою, наприклад, спочатку заливаються колони, потім плита перекриття. Такий поділ дозволяє координувати роботу бригад, уникати перетинання процесів і оптимально використовувати обладнання, як-от баштові крани від Kyiv Crane Machinery чи бетононасоси від Budforma. Кількість захваток залежить від розмірів поверху та графіка робіт, зазвичай їх 2–3 на поверх.

Для точного визначення обсягів робіт застосовано BIM-технології. Модель будівлі, створена в Autodesk Revit 2024, інтегрована з «САПФІР-3D» через формат IFC, що дозволило автоматично отримати обсяги бетону, арматури та інших матеріалів. Цифрові інструменти спростили аналіз конструктивних рішень і підготовку специфікацій, мінімізуючи ризик помилок. Наприклад, Revit автоматично генерує відомості обсягів для кожної захватки, що полегшує планування закупівель і контроль витрат.

Розробка відомості обсягів робіт не лише забезпечує точне планування, а й сприяє ефективній організації будівельного процесу. Наприклад, враховано потребу в тимчасових конструкціях, таких як опалубка від Budforma, і допоміжному обладнанні, включаючи вібратори для ущільнення бетону від Epitsentr K. Планування робіт із поділом на захватки дозволяє оптимізувати графік, скоротивши строки будівництва завдяки паралельному виконанню процесів на різних ділянках. Крім того, враховано вимоги безпеки відповідно

до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека», включаючи навчання працівників і використання захисного обладнання. У перспективі отримані дані можуть бути використані для інших проєктів монолітного будівництва, що підвищує універсальність підходу.

Таблиця 3.1 - Відомість обсягів робіт

№ п/п	Найменування процесів	Од. Змін. обсягів	Кількість робіт	Примітка (формули підрахунку, посилання на креслення)
			на типовий поверх	
1	2	3	4	5
Захоплення 1				
1	В'язання арматури колон	т	3.28	(довжина арм-и на 1м^2 колони) x (погонна вага арматури) x (площа колони) x 110% = $(16 \times 2.4 \times 9) \times 1.1$
2	В'язання арматури ДЖ	т	4.22	(довжина ар-ри на 1м^2 стіни) x (погонна вага арматури) x (площа колони) x 110% = $(16 \times 2.4 \times 102.2) \times 1.1$
3	Опалубка колон	м^2	86.43	площа сторін колон
4	Опалубка ДЖ	м^2	101.87	площа сторін стін
5	Бетонування колон	м^3	9.67	обсяг колон
6	Бетонування ДЖ	м^3	9.987	об'єм діафрагм жорсткості
7	Розпалубка колон	м^2	90.02	площа колон
8	Розпалубка ДЖ	м^2	101.45	площа стін
9	Монтаж опалубних щитів зі стійками, геодезична вивірка та закріплення опалубки	м^2	304.23	площа перекриття
10	Опалубка плити перекриття	м^2	304.76	площа перекриття
11	В'язання арматури плити	т	11	-
12	Бетонування плити	м^3	62	(Обсяг монолітного перекриття)
13	Розпалубка плити	м^2	306	(Площа перекриття)
Захоплення 2				
1	В'язання арматури колон	т	1.223	-
2	В'язання арматури СМ	т	10.12	-
3	Опалубка колон	м^2	30.52	площа сторін колон
4	Опалубка СМ	м^2	237.89	площа сторін стін

5	Бетонування колон	м ³	3.176	обсяг колон
6	Бетонування СМ	м ³	22.432	об'єм діафрагм жорсткості
7	Розпалубка колон	м ²	30.34	площа сторін колон
8	Розпалубка СМ	м ²	237.32	площа сторін стін
9	Монтаж опалубних щитів зі стійками, геодезична вивірка та закріплення опалубки	м ²	171.11	площа плити перекриття
10	Опалубка плити перекриття	м ²	171.11	площа плити перекриття
11	В'язання арматури плити	т	6.98	-
12	Бетонування плити	м ³	33.79	об'єм плити
13	Розпалубка плити	м ²	169.95	площа плити перекриття

3.3 Технологія будівельних робіт

Перед початком зведення надземної частини триповерхової житлової будівлі з монолітного залізобетону необхідно провести низку організаційно-підготовчих заходів, визначених ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». Ці заходи спрямовані на створення належних умов для якісного виконання будівельних робіт, забезпечення точності конструкцій і дотримання графіка будівництва. Попередня підготовка включає координацію всіх учасників процесу, перевірку документації та організацію будівельного майданчика.

Для забезпечення точного встановлення опалубки перед її монтажем виконується комплекс підготовчих робіт. Спочатку здійснюється геодезична розбивка осей несучих конструкцій, таких як стіни та колони, відповідно до генерального плану проєкту. Далі проводиться нівелювання поверхонь перекриттів, щоб гарантувати їхню горизонтальність і точність розміщення опалубки. На поверхні конструкцій наносяться розмітки, які позначають межі приміщень згідно з робочими кресленнями. Положення опалубки закріплюється за допомогою фарбованих позначок (ризиків). Крім того, перевіряється стан інструментів і обладнання для монтажу, а поверхні очищаються від пилу, будівельного сміття та інших забруднень для забезпечення надійного контакту з бетоном.

Зведення монолітної триповерхової будівлі організовано поетапно, з послідовним виконанням робіт на кожному поверсі. Будівельно-монтажні процеси структуровані так, щоб забезпечити технологічну послідовність і безперервність. На першому поверсі роботи починаються з бетонування колон і діафрагм жорсткості, які формують каркас будівлі. Після цього влаштовується плита перекриття, зводяться зовнішні стіни та внутрішні перегородки, а також монтуються сходові марші. Другий і третій поверхи будуються за аналогічною схемою, з чітким дотриманням встановленого порядку операцій, що гарантує стабільність і якість конструкцій.

Після заливки плит перекриття передбачено витримування бетону протягом 72 годин (3 діб), що є необхідним для досягнення початкової міцності матеріалу. Цей період дозволяє бетону класу C25/30 набрати достатню міцність (приблизно 50–70% від проектної), щоб витримувати подальші навантаження. Лише після завершення витримки та, за потреби, перевірки міцності зразків бетону виконується розпалублення, що відкриває можливість для продовження будівельних робіт на наступному етапі.

3.4 Опалубні роботи

Опалубка є тимчасовою інженерною конструкцією, яка формує монолітні залізобетонні елементи, забезпечуючи їхню відповідність геометричним параметрам, зазначеним у проєктній документації. Вона відіграє ключову роль у створенні міцних і точних конструкцій, таких як плити перекриття, колони та стіни. Опалубка повинна відповідати суворим вимогам: мати достатню несучу здатність для витримування ваги бетонної суміші та технологічних навантажень, зберігати стабільну форму протягом усього процесу бетонування, протистояти тиску без деформацій і бути зручною для монтажу, демонтажу та багаторазового використання. Ці вимоги відповідають стандартам ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції».

Для зведення монолітного каркаса триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі використовується уніфікована розбірно-переставна опалубна система комбінованого типу від українського виробника Budforma. Ця система дозволяє адаптувати опалубку до різних конструктивних елементів, забезпечуючи швидкість монтажу та економію ресурсів. Її модульна конструкція спрощує транспортування, збирання та повторне використання, що є важливим для оптимізації витрат і скорочення строків будівництва.

Процес проектування опалубки для плит перекриття починається з розкладки щитів на плані типового поверху, враховуючи розташування стін, колон і діафрагм жорсткості. Щити розміщуються так, щоб мінімізувати кількість підрізаних елементів і максимально використовувати стандартні панелі розміром 1,2×3 м. У зонах контуру перекриття без зовнішніх стін панелі орієнтуються короткою стороною до краю, що підвищує стійкість конструкції під час монтажу арматури та заливки бетону. Для заповнення нестандартних ділянок застосовуються підрізані частини панелей, які виготовляються на майданчику з урахуванням точних розмірів.

Для створення консольних ділянок перекриттів, які виступають за основний контур будівлі, використовуються монтажні риштування від Epitsentr K. Ці риштування слугують опорою для зовнішніх щитів опалубки та забезпечують безпеку працівників під час бетонування. На наступних етапах вони також підтримують опалубку вищих поверхів, що сприяє безперервності робіт і знижує потребу в додатковому обладнанні.

Після розкладки щитів встановлюються балки верхнього ряду, які підтримують опалубку плит перекриття. Крок балок, зазвичай 0,5–0,75 м, визначається з урахуванням товщини плити (200 мм) і міцності ламінованої фанери. Балки обов'язково розміщуються під стиками коротких сторін панелей, а в зонах підвищеного навантаження, наприклад, біля колон, крок зменшується або додаються додаткові балки. Нижній пояс балок укладається з кроком 1,2–1,5 м, а вертикальні стояки встановлюються з інтервалом 1,5–2 м, що відповідає

технічним характеристикам опалубної системи та забезпечує її стійкість під тиском бетонної суміші.

Для зведення вертикальних елементів, таких як монолітні стіни та колони, застосовуються щитові опалубні модулі, які забезпечують високу точність геометрії та швидкість монтажу. Щити виготовлені з міцної сталеві рами та ламінованої фанери, що витримує тиск бетону класу C25/30. Монтаж виконується з мінімальними трудовитратами завдяки системі центрувальних замків, які фіксують панелі у заданому положенні. Технологічні зазори між щитами (50 мм і 75 мм) закриваються вставними елементами розмірами 100×3300 мм і 50×3300 мм, що гарантує герметичність форми.

З'єднання щитів здійснюється за допомогою стяжних елементів — тяжів, шайб і гайок, які сприймають тиск бетонної суміші. Для прискорення монтажу окремі щити попередньо збираються на землі в укрупнені модулі за допомогою швидкозатискних пристроїв і затискних шин. Ці модулі транспортуються на місце краном, наприклад, баштовим краном від Kyiv Crane Machinery, що підвищує ефективність і знижує ризик деформацій. Стикування та вирівнювання модулів виконується швидкозатискними механізмами, які забезпечують надійність і можливість повторного використання.

Торцева опалубка плит перекриття виготовляється з ламінованої фанери, нарізаної на смуги шириною 250 мм. Її фіксація здійснюється підкосами, які виробляються на будівельному майданчику відповідно до проєктних креслень і вимог ДБН А.3.1-5:2016. Підкоси забезпечують стійкість торцевих елементів під час заливки бетону та дозволяють точно витримати геометрію консольних ділянок. Для підвищення безпеки передбачено додаткове кріплення риштувань і захисні огороження для працівників.

3.4 Арматурні роботи

Перед початком встановлення арматурних елементів для монолітної триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі необхідно провести комплекс

підготовчих робіт, які забезпечують якість і точність монтажу. Ці заходи включають перевірку опалубки, підготовку обладнання та матеріалів, а також очищення арматури. Усі роботи виконуються відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДСТУ 3760:2019 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій», що гарантує відповідність нормативним вимогам і безпеку конструкцій.

Першим етапом є ретельна оцінка опалубки, яка слугує формою для бетонування. Геометричні розміри опалубки перевіряються на відповідність проєктним кресленням, створеним у Autodesk Revit 2024, а її якість — на міцність і герметичність згідно з ДБН В.2.6-98:2009. Після перевірки складається акт приймання опалубки як елемента прихованих робіт, що є обов'язковим для подальшого бетонування. Цей документ підтверджує готовність опалубки до монтажу арматури та заливки бетону.

Перед монтажем арматури готуються інструменти та обладнання, включаючи вантажопідйомні механізми, такі як баштові крани від Kyiv Crane Machinery, електрозварювальні апарати та монтажні інструменти. Арматурні стрижні очищаються від іржі, бруду та інших забруднень, які можуть погіршити адгезію з бетоном. Для цього використовуються механічні щітки або піскоструминне обладнання, що забезпечує чистоту поверхні арматури класу A400C.

Арматура, що надходить на будівельний майданчик, зберігається в критих складських приміщеннях для захисту від вологи та корозії. Стрижні сортуються за маркою сталі, діаметром і довжиною та розміщуються на стелажах. Арматурні сітки зберігаються у вертикальному положенні в рулонах, а плоскі сітки та просторові каркаси укладаються штабелями на дерев'яних підкладках у зоні дії крана. Висота штабелів обмежується 1,5 м, щоб забезпечити безпеку та зручність доступу до матеріалів.

Подавання арматурних елементів до місця встановлення здійснюється баштовим краном. Каркаси та сітки вагою до 50 кг транспортуються у зв'язаних пачках і монтуються вручну. Окремі стрижні доставляються в пучках, а сітки

— по три штуки з використанням траверси для рівномірного розподілу навантаження. Перед монтажем на опалубці крейдою наносяться розмітки, які вказують місця розташування каркасів, що відповідає проєктним схемам.

Для кріплення арматурних каркасів до опалубки застосовуються монтажні струбцини, які забезпечують тимчасову фіксацію. Вони також використовуються для виправлення деформацій випусків арматури та контролю осевого положення зварюваних стрижнів. Після вивіряння каркаси остаточно закріплюються шляхом зв'язування горизонтальних стрижнів в'язальним дротом вручну, що забезпечує просторову жорсткість конструкції.

Для створення захисного шару бетону, який запобігає корозії арматури, встановлюються пластикові або бетонні фіксатори. Для стін фіксатори розміщуються з кроком 1,0–1,2 м, а для плит перекриттів — 0,8–1,0 м. Це відповідає вимогам ДСТУ 3760:2019 і забезпечує необхідну товщину бетону (20–25 мм) навколо арматури, що гарантує її довговічність.

З'єднання арматурних каркасів по вертикалі та горизонталі виконується за допомогою електрозварювання або в'язального дроту залежно від проєктних рішень. Зварні з'єднання застосовуються для колон і діафрагм жорсткості, де потрібна висока міцність, тоді як в'язка дротом використовується для плит перекриттів. Усі з'єднання відповідають ДБН В.2.6-98:2009, що забезпечує надійність конструкції.

Перед заливкою бетону арматурні конструкції перевіряються шляхом зовнішнього огляду та інструментального контролю. Перевіряється відповідність діаметра, кількості, кроку та розташування стрижнів проєктній документації. Якість зварних швів і вузлів оцінюється візуально, а за потреби — вибіркоким неруйнівним тестуванням, наприклад, ультразвуковим методом. За результатами контролю оформлюється акт на приховані роботи, який є обов'язковим для початку бетонування.

3.6 Бетонування колон та перекриттів

Перед початком укладання бетонної суміші для зведення монолітних конструкцій триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі необхідно провести ретельну підготовку. Цей етап включає перевірку встановленої опалубки та арматури на відповідність проєктним кресленням, створеним у Autodesk Revit 2024, і геометричним параметрам. Усі виявлені дефекти опалубки, такі як зазори чи деформації, усуваються для забезпечення якості монолітної конструкції. Контролюється правильне розташування фіксаторів захисного шару бетону, які гарантують захист арматури від корозії. Оформлюються акти приймання конструкцій, які після бетонування стануть недоступними для перевірки, відповідно до ДБН А.3.1-5:2016. Опалубка та арматура очищаються від пилу, бруду, корозії та інших забруднень за допомогою механічних щіток або стисненого повітря. Також перевіряється справність обладнання, включаючи бетононасоси, вібратори від Epitsentr K та інструменти для монтажу.

Бетонна суміш класу C25/30 доставляється на будівельний майданчик автобетонозмішувачами типу СБ-095 від постачальника, наприклад, BetonEnergo. Для подачі суміші до зони бетонування використовуються бадді, які транспортуються баштовим краном від Kyiv Crane Machinery. Такий підхід забезпечує швидке та рівномірне розподілення бетону, що є важливим для монолітності конструкцій, таких як колони, діафрагми жорсткості та плити перекриття.

Процес бетонування включає кілька ключових етапів: приймання бетонної суміші, її транспортування, подачу до опалубки, укладання та ущільнення. При бетонуванні колон і балок перекриттів суміш укладається шарами товщиною 30–40 см, кожен із яких ретельно ущільнюється. Після заливки конструкцій забезпечується догляд за бетоном у період тверднення, щоб запобігти утворенню тріщин і досягти проєктної міцності. Усі операції

виконуються з дотриманням технологічної карти, що гарантує ритмічність і якість робіт.

Укладання бетону супроводжується його ущільненням за допомогою глибинних вібраторів, які заглиблюються в попередній шар на 5–10 см для забезпечення міцного зчеплення між шарами. Крок переміщення вібратора становить не більше 1,5 радіуса його дії, що забезпечує рівномірне ущільнення. У важкодоступних місцях, наприклад, у кутах опалубки чи біля арматури, застосовується ручне штикування для усунення порожнин. Під час вібрації уникається контакту вібратора з арматурою чи опалубкою, щоб не пошкодити конструкцію. Процес ущільнення завершується, коли суміш перестає осідати, припиняється виділення повітряних бульбашок, а на поверхні з'являється цементне молоко. Виймання вібратора виконується повільно, з вимкненим двигуном, щоб уникнути утворення пустот.

Між укладанням шарів бетонної суміші допускається технологічна перерва від 40 хвилин до 2 годин, щоб запобігти розшаруванню, але зберегти монолітність конструкції. Для плит перекриття, крім глибинних вібраторів, застосовуються поверхневі вібратори, які забезпечують рівномірне ущільнення великих площ. Це особливо важливо для плит товщиною 200 мм, де рівність поверхні впливає на якість подальшого оздоблення.

У період початкового тверднення бетону (перші 72 години) забезпечується оптимальний температурно-вологісний режим. Для цього поверхня вкривається плівкою або періодично зволожується, щоб уникнути пересихання. У холодну погоду використовуються теплові гармати для захисту від замерзання. Переміщення по забетонованих поверхнях або монтаж опалубки дозволяється лише після досягнення бетоном міцності не менше 15 кгс/см² (1,5 МПа), що перевіряється лабораторними випробуваннями зразків.

Якість бетонної суміші контролюється будівельною лабораторією відповідно до ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності». Зразки бетону відбираються під час заливки та тестуються на міцність, рухливість і однорідність. Ущільнення оцінюється візуально: припинення

осідання суміші, відсутність повітряних бульбашок і поява цементного молока свідчать про достатнє ущільнення. Усі дані фіксуються в журналі будівельно-монтажних робіт, що забезпечує простежуваність процесу та відповідність нормативам.

3.7 Розпалубка конструкцій

Розпалублення є ключовою операцією в технологічному процесі зведення монолітних залізобетонних конструкцій триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі. Цей трудомісткий етап вимагає суворого дотримання технічної послідовності, високої точності та уваги до деталей, щоб уникнути пошкодження бетону та зберегти опалубне обладнання для повторного використання. Процес регулюється нормами ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» і залежить від умов тверднення бетону, визначених проектною документацією.

Зняття опалубки дозволяється лише після досягнення бетоном нормативної міцності, яка залежить від типу конструкції, марки бетону (C25/30) та умов тверднення, таких як температура і вологість. Міцність перевіряється лабораторними випробуваннями зразків бетону, відібраних під час заливки. Для забезпечення безпеки та якості конструкцій, зокрема плит перекриттів, колон і стін, розпалублення виконується обережно, з використанням спеціалізованого обладнання, такого як регульовані опори від Budforma.

Бічні елементи опалубки, які не сприймають навантаження, наприклад, щити стін чи колон, можуть зніматися після того, як бетон набере міцності, достатньої для збереження геометрії кутів, крайок і фасадних поверхонь. Зазвичай це відбувається через 1–3 доби, залежно від типу цементу та погодних умов у Запоріжжі. Наприклад, при температурі 20°C і нормальній вологості бетон досягає такої міцності за 24–48 годин. Демонтаж виконується вручну або

з використанням легких інструментів, щоб уникнути пошкодження поверхні бетону.

Несучі елементи опалубки, такі як балки та стояки під плитами перекриттів, демонтуються лише після набору бетоном міцності, що гарантує стійкість конструкції без додаткової підтримки. Для плит із прольотом до 3 м і конструкцій із прольотом до 6 м достатньо 50% від проєктної міцності, якщо фактичне навантаження не перевищує 70% від розрахункового. Процес виконується поетапно, у 2–3 прийоми, щоб уникнути різких деформацій. Наприклад, спочатку опускаються панелі та балки, а частина стояків залишається для тимчасової підтримки до повного тверднення.

При знятті опалубки плит перекриттів товщиною 200 мм спочатку опускаються опалубні щити та несучі балки за допомогою регульованих опор. Вертикальні стояки частково залишаються, щоб підтримувати плиту до досягнення 100% проєктної міцності, що зазвичай настає через 28 діб. Цей підхід забезпечує стабільність конструкції та запобігає прогину плит. Для нижчих перекриттів опорні стійки видаляються повністю лише після повного набору міцності, що підтверджується лабораторними тестами.

Демонтаж опалубки монолітних стін починається з видалення розпірок, фіксаторів, центрувальних замків і стяжних болтів. Щити обережно відокремлюються від бетонної поверхні за допомогою ручних інструментів або легких механічних пристроїв, щоб уникнути сколів чи тріщин. Процес виконується поетапно, починаючи з верхніх ділянок, що знижує ризик пошкодження стін і забезпечує безпеку працівників.

Після зняття опалубки всі її елементи, включаючи щити, балки та стояки, очищаються від залишків бетону, пилу та інших забруднень. Для цього використовуються механічні щітки або мийки високого тиску. Пошкоджені деталі, наприклад, деформована фанера чи зношені замки, ремонтуються або замінюються перед повторним використанням. Очищена та відремонтована опалубка зберігається в критих складських приміщеннях, щоб захистити її від вологи та продовжити термін служби.

Розпалублення супроводжується суворим контролем якості, включаючи перевірку міцності бетону та стану конструкцій. Результати фіксуються в журналі будівельно-монтажних робіт, а для прихованих елементів оформлюються акти відповідно до ДБН А.3.1-5:2016. Безпека забезпечується дотриманням ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека»: працівники використовують захисне спорядження, а майданчик оснащується огороженнями та риштуваннями від Epitsentr К. Навчання персоналу щодо техніки демонтажу знижує ризики травматизму та пошкодження обладнання.

.

Таблиця 3.2 - Калькуляція виконання робіт зі зведення каркасу типового поверху будівлі.

№ п/п	Найменування процесу	Од. змін.	Норма часу за маш.-ч	Витрати часу машин		Склад ланки за (професія, розряд, кількість робітників)	Норма часу за чол.-ч	Витрати праці	
				маш.-ч	маш.-дн.			чол.-ч	чол.-дн.
1	2	3	6	7	8	9	10	11	12
1	В'язання арматури колон	т	-	-	-	Арматурник 3 розр. - 1 5 разр. - 1	12	61	7.5
2	В'язання арматури ДЖ	т	-	-	-	Арматурник 3 розр. - 1 5 разр. - 1	15	215.8	26.85
3	Опалубка колон	м ²	0.46	54.65	6.98621	Слюсар будівельний 4 розр. - 1 3 разр. - 2	0.12	14.21	1.8225
4	Опалубка МС	м ²	0.28	94.18	11.765	Слюсар будівельний 4 розр. - 1 3 разр. - 2	0.24	80.14	10.23
5	Подача бетону до місця укладання	100 м ³	13.5	6.21	0.77	Машиніст 4р. Бетонщик 2р.	27	12.21	1.55
6	Бетонування колон	м ³	-	-	-	Бетонник 4 розр. -1 4 разр. -1	1.5	18.123	2.21
7	Бетонування ДЖ	м ³	-	-	-	Бетонник 4 розр. -1 4 разр. -1	1.6	54.34	6.73

Для забезпечення ефективного та безпечного транспортування матеріалів на будівельному майданчику триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі ретельно підбираються вантажопідйомні стропи. Вибір строп залежить від типу вантажу, його ваги, габаритів і умов підйому, що виконується баштовим краном, наприклад, від Kyiv Crane Machinery. Усі стропи відповідають вимогам ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДСТУ EN 13414-1:2014 «Стропи сталеві канатні для вантажопідйомних цілей», що гарантує безпеку та надійність.

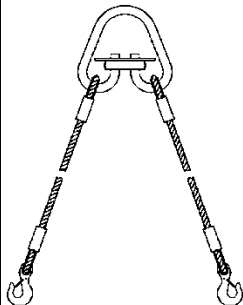
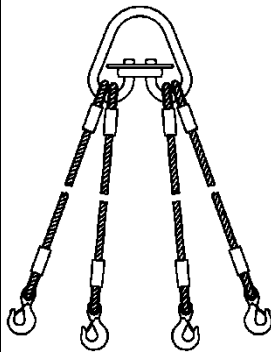
Для підйому поворотної бадді, заповненої бетонною сумішшю класу С25/30, використовується чотиригілковий строп вантажопідйомністю 5 тонн і розрахунковою довжиною 4,2 м. Така конструкція стропа забезпечує рівномірний розподіл навантаження та стабільність бадді під час транспортування до зони бетонування, наприклад, плит перекриттів або колон. Довжина 4,2 м дозволяє безпечно маневрувати вантажем на висоті до 15,25 м, що відповідає загальній висоті будівлі.

Для транспортування ящиків із розчином і піддонів із газобетонними блоками, які використовуються для зовнішніх стін, застосовується строп вантажопідйомністю 5 тонн і довжиною 2 м. Ця довжина оптимальна для підйому компактних вантажів на робочі місця, зокрема на риштування або перекриття. Строп забезпечує міцне кріплення піддонів, що знижує ризик зміщення блоків під час підйому та сприяє швидкому монтажу стін.

Для підйому арматурних стрижнів і каркасів, виготовлених із арматури класу А400С, обрано двогілковий строп вантажопідйомністю, достатньою для транспортування пучків стрижнів або сіток вагою до 50 кг. Двогілкова конструкція дозволяє надійно фіксувати арматурні елементи, такі як каркаси колон чи плоскі сітки, і забезпечує їхнє точне розміщення в опалубці. Для більших каркасів використовується траверса, що рівномірно розподіляє навантаження та запобігає деформації елементів.

Усі стропа перед використанням перевіряються на відсутність пошкоджень, таких як розриви канатів чи деформація кріплень, відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека». Працівники, задіяні в стропуванні, проходять інструктаж із техніки безпеки та правильного кріплення вантажів. Для підвищення ефективності підйому передбачено використання швидкоз'єднувальних механізмів, які скорочують час підготовки вантажів. Стропи зберігаються в сухих складських приміщеннях, щоб запобігти корозії, що подовжує їхній термін служби.

Таблиця 3.3 - Відомість вантажозахоплювальних пристроїв, інструменту та пристроїв.

№ п/п	Найменування встановлюваного елемента	Найменування пристрою, пристрої	Ескіз	Характеристика		Кількість шт.
				Вантажопідйомність, т	Маса, кг	
1	2	3	4	5	6	8
1	Арматура, щити опалубки, піддони з цеглою, обладнання	Строп двогілковий		5	47	1
2	Газобетонні блоки на піддоні, сантехкабіни.	Строп чотиригалузевий		5	65	1

3.9 Визначення основних необхідних параметрів баштового крана

Таблиця 3.4 - Параметри пристроїв для розрахунку вантажопідйомності

№ п/п	Найменування та марка елемента	Габарити, мм			Маса, елемента, т.	Кількість, шт.	Загальна маса, т.
		шир., мм	дл., мм	вис., мм			
1	Бадя з бетонною сумішшю $V = 1 \text{ м}^3$	1200	1500	1500	2,7	1	2,7

Для виконання складних монолітних робіт при зведенні триповерхової житлової будівлі в Запоріжжі ретельно підбирається комплекс машин, механізмів і обладнання. Цей процес охоплює всі етапи — від доставки будівельних матеріалів, таких як бетон і арматура від постачальників, наприклад, BetonEnergo, до їхнього монтажу чи укладання в проєктне положення. Вибір обладнання базується на вимогах проєктної документації, технологічної карти та ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», що забезпечує ефективність і безпеку робіт.

Бетонна суміш класу C25/30 готується на стаціонарному бетонному вузлі, розташованому за межами майданчика, що гарантує стабільну якість відповідно до ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Для транспортування суміші до будівельного об'єкта використовуються автобетонозмішувачі типу СБ-095, які підтримують однорідність матеріалу під час доставки. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервне постачання бетону для заливки колон, стін і плит перекриттів, що є критично важливим для монолітного будівництва.

Для подачі бетону в опалубку застосовується поворотна баддя, яка транспортується баштовим краном від Kyiv Crane Machinery. У важкодоступних ділянках, таких як кути колон чи вузли перекриттів, використовується трисекційна розподільна стріла Z-подібної форми, що забезпечує рівномірне розподілення суміші. Це обладнання дозволяє точно

спрямовувати бетон, знижуючи ризик розшарування та підвищуючи якість конструкцій.

Щоб уникнути розшарування бетонної суміші, висота її вільного падіння обмежується залежно від типу конструкції: для плит перекриттів — до 1 м, для стінових елементів — до 4,5 м, для колон — до 5 м, а для безарматурних конструкцій — до 6 м. Якщо ці значення перевищуються, суміш подається через похилі жолоби, лотки або гнучкі рукави (хоботи), які забезпечують плавне укладання без втрати однорідності. Такі заходи відповідають технологічним вимогам і сприяють міцності бетону.

Для досягнення необхідної щільності, міцності та однорідності бетону після укладання виконується його ущільнення. Процес проходить у два етапи: спочатку застосовуються глибинні вібратори від Epitsentr K для ущільнення внутрішніх шарів колон, плит перекриттів і стін. Потім використовуються поверхневі вібратори для обробки верхнього шару, що забезпечує гладкість поверхні та усуває повітряні порожнини. Цей підхід гарантує високу якість монолітних конструкцій.

Висота підйому гака баштового крана розраховується з урахуванням кількох параметрів: висоти будівлі (13,9 м), запасу висоти над перешкодами (0,5 м), максимальної висоти вантажу, наприклад, опалубної панелі (1,5 м), і розрахункової довжини стропа (3 м). У результаті необхідна висота підйому становить 18,9 м, що забезпечує можливість роботи на всіх рівнях будівлі, включаючи покрівлю. Виліт стріли крана визначається з урахуванням ширини підкранового шляху (6 м), відстані від рейки до будівлі (5,6 м) і ширини будівлі (16,9 м), що дає загальний виліт 28,5 м.

Необхідна вантажопідйомність крана залежить від маси найважчого вантажу, такого як поворотна баддя з бетоном (2,7 т), і такелажного пристрою (0,1 т). Для безпечного підйому бадді та розподільної стріли, яка періодично переставляється краном, вантажопідйомність крана повинна бути не меншою за

5 тонн. Використовується чотиригілковий строп вантажопідйомністю 5 тонн для бадді та двогілковий строп для арматурних каркасів, що забезпечує надійне кріплення вантажів.

Таблиця 3.5 - Параметри пристроїв для розрахунку вантажопідйомності

Найменування характеристики	Одиниця виміру	Значення
Вантажопідйомність максимальна	т	8
Вантажопідйомність при максимальному вильоті	т	3
Виліт максимальний	м	30
Виліт при максимальній вантажопідйомності	м	16,5
Виліт мінімальний	м	5,6
Висота підйому при максимальному вильоті	м	80,5
Глибина опускання максимальної	м	5
Маса конструктивна	т	80,5
Маса противаги на платформі	т	30
База x колію	м	6 x 6

3.10 Будівельний генеральний план об'єкту

У рамках дипломного проєкту розроблено будівельний генеральний план (стройгенплан) для організації робіт із зведення надземної частини триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі. Стройгенплан детально описує розташування всіх елементів будівельного майданчика, забезпечуючи ефективну координацію процесів, безпеку та відповідність нормативам. Проєкт виконано з урахуванням ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» і ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», що гарантує дотримання стандартів якості та безпеки.

На об'єктному будгенплані чітко відображено ключові компоненти будівельного майданчика. Проектована будівля позначена з нанесенням координатної розбивочної сітки та фіксацією осей, що відповідає архітектурним кресленням, створеним у Autodesk Revit 2024. Вказано мережі тимчасового електро-, водо- та теплопостачання, а також системи побутової та зливової каналізації для забезпечення потреб будівництва. Розміщення

баштових кранів від Kyiv Crane Machinery, монтажних зон і механізованих установок, таких як бетононасоси від Budforma, показано з урахуванням їхніх напрямків руху, зон дії та небезпечних зон монтажу, визначених відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека».

Будгенплан включає схеми прокладання постійних і тимчасових транспортних шляхів, які забезпечують зручний доступ автобетонозмішувачів і вантажного транспорту до зон вивантаження матеріалів, таких як бетон від BetonEnergo чи арматура. Виділено майданчики для складування будівельних матеріалів, зокрема газобетонних блоків, арматурних каркасів і опалубних панелей. Окремо передбачено зони для укрупненого складання конструкцій і зберігання обладнання, наприклад, вібраторів від Epitsentr K. Ці майданчики розташовані в межах дії кранів для оптимізації логістики.

На плані позначено розташування тимчасових споруд, необхідних для організації будівельного процесу. До них належать побутові приміщення для працівників, адміністративні офіси, складські будівлі для зберігання інструментів і матеріалів, а також допоміжні споруди, такі як пункти миття техніки. Розташування цих об'єктів сплановано так, щоб забезпечити зручний доступ для персоналу та мінімізувати перетинання пішохідних і транспортних потоків, що підвищує безпеку на майданчику.

Проект стройгенплану розроблено з урахуванням протипожежних норм, правил охорони праці та техніки безпеки. Графічна частина виконана з використанням уніфікованих умовних позначень, прийнятих у будівельному проектуванні, що відповідає вимогам ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Система проектної документації для будівництва». Усі елементи, від транспортних шляхів до зон складування, чітко позначені для зрозумілості та зручності реалізації на будівельному майданчику.

Під час розроблення стройгенплану виконано низку розрахунків для забезпечення ефективної організації робіт. Визначено потребу в тимчасових

будівлях і спорудах, таких як побутові модулі для 50 працівників. Розраховано площі складських майданчиків, наприклад, 200 м² для зберігання арматури та 150 м² для газобетонних блоків. Проведено оцінку освітлення території, щоб забезпечити безпечну роботу в темний час доби, з використанням прожекторів потужністю 500 Вт. Розраховано витрати води для господарсько-побутових (50 л/добу на працівника) і технологічних потреб (залівка бетону, полив для тверднення). Також оцінено навантаження на тимчасову електромережу для живлення кранів, бетононасосів і освітлення.

Усі прийняті проєктні рішення, розрахунки та техніко-економічні обґрунтування детально викладено в пояснювальній записці до стройгенплану. Цей документ включає аналіз вибору обладнання, обґрунтування розміщення складських зон і транспортних шляхів, а також оцінку відповідності проєкту нормативам. Пояснювальна записка слугує основою для координації робіт між підрядниками та контролюючими органами, забезпечуючи чітке виконання будівельного плану.

3.10.1 Розрахунок площі тимчасових будівель

Визначення потреби у тимчасових будівлях. Загальну чисельність працюючих визначають за такою формулою:

$$N_{\text{общ.}} = (N_{\text{роб.}} + N_{\text{ИТП}} + N_{\text{служ.}} + N_{\text{МОП}}) \cdot K, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{роб}}$ - чисельність робітників, яка приймається за графіком зміни чисельності робітників календарного або мережевого графіка;

$N_{\text{ИТП}}$ – чисельність інженерно-технічних працівників;

$N_{\text{МОП}}$ - чисельність молодшого обслуговуючого персоналу та охорони;

K - коефіцієнт, що враховує відпустки і т.д., що приймається 1,05-1,06.

Чисельність ІТП, службовців та МОП визначається відповідно до виду будівництва. Цей проєкт має вигляд – цивільної будівлі. Отже, співвідношення

категорій працюючих (%): робітники (85); ІТП (8); службовці (5); МОП та охорона (2).

Таким чином, чисельність працюючих N складе:

$$N = \frac{12 \cdot 100}{85} = 15$$

Отже, 1% становить 0,15 чол., тоді:

$$N_{ИТР} = 8 \cdot 0.15 = 2 \text{ чел}$$

$$N_{служ} = 5 \cdot 0.15 = 1 \text{ чел}$$

$$N_{МОП} = 5 \cdot 0.15 = 1 \text{ чел}$$

$$N_{общ.} = (15 + 2 + 1 + 1) \cdot 1,06 = 20$$

Результати розрахунку площ тимчасових будівель та споруд зводяться до таблиці.

З нижченаведених будівель формуємо побутове містечко. Розташовуємо його на стройгенплані таким чином, щоб найбільш віддалена точка об'єкта, що зводиться, розташовувалася на відстані не більше, ніж 150 м.

До тимчасових будівель підводять тимчасові комунікації.

Таблиця 3.6 - Експлікація тимчасових будівель та споруд

Найменування тимчасових З і З	Кількість роб.	% Одночас. користь.	норм. показники на чол.м ²	Ро. площа м ²	Прийнята площа м ²	Кількість будівель	Констр. хар. та тип будівлі
1	2	3	4	5	6	7	8
Прорабська	1	-	9	9	27	1	Метал. блок-контейнер 9 м х 3 м
Приміщення для обігріву робітників	15	100	0,1	7,5	27	1	Метал. блок-контейнер 9 м х 3 м
Пост охорони	1	100	1	1	14,4	2	Збірно-розбір. Дерев. 2,4 м х 3 м
Гардероб	20	70	0.7	12,8	27	1	Метал. блок-

Умивальна	20	70	0.2				контейнер 9 м х 3 м
Душева	15	50	0,54	23,8	27	1	Металевий блок-контейнер 9 м х 3 м
Туалет	15	100	0,1				

3.10.2 Розрахунок площ складів

Приоб'єктні склади на будівельному майданчику триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі призначені для тимчасового зберігання матеріалів, конструкцій, обладнання та інших ресурсів, необхідних для виконання будівельних робіт. Вони забезпечують безперебійне постачання бетону від BetonEnergo, арматури, газобетонних блоків та опалубних систем від Budforma, що є критично важливим для дотримання графіка робіт. Обсяг матеріалів оптимізується завдяки ефективній організації будівельного процесу, застосуванню сучасних технологій, таких як контейнеризація вантажів, і продуманим логістичним рішенням, які відповідають ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Розробка приоб'єктних складів передбачає вирішення кількох ключових завдань. По-перше, визначається необхідний запас матеріалів, таких як арматура А400С, бетон С25/30, газобетонні блоки та опалубні панелі, які мають зберігатися на майданчику для забезпечення безперервності робіт. По-друге, розраховуються площі для розміщення цих ресурсів, включаючи зони для приймання, відпускання та маневрування техніки. По-третє, обираються типи складів (відкриті чи криті) і їхнє розташування з урахуванням зручного доступу до баштових кранів від Kyiv Crane Machinery і транспортних шляхів, що оптимізує логістику.

Процес розрахунку площі складів враховує потреби в зберіганні основних будівельних ресурсів. Наприклад, для арматури виділяється майданчик площею приблизно 200 м², для газобетонних блоків — 150 м², а для опалубних панелей — 100 м². До загальної площі включаються приймально-

відпускні зони, проїзди для автобетонозмішувачів і проходи для працівників, що відповідає нормам ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Розрахунки забезпечують достатній простір для маневрування техніки та безпечного доступу до матеріалів, мінімізуючи простой.

Основним типом складів на майданчику є відкриті майданчики, які розташовуються в межах зони дії баштових кранів для швидкого транспортування матеріалів до зони монтажу. Наприклад, майданчики для арматури та газобетонних блоків розміщуються вздовж тимчасових доріг, прокладених для доставки матеріалів. У місцях розвантаження автотранспорту передбачені розширення доріг шириною до 6 м, що полегшує маневрування вантажівок і автобетонозмішувачів. Для захисту чутливих матеріалів, таких як ламінована фанера для опалубки, можуть облаштовуватися криті склади площею 50 м².

Складські майданчики організовуються з урахуванням технологічної карти та вимог безпеки, визначених ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека». Матеріали, такі як арматурні каркаси чи газобетонні блоки, укладаються на дерев'яні підкладки висотою 15–20 см, щоб запобігти контакту з вологою. Висота штабелів обмежується 1,5 м для безпеки та зручності доступу. Зони складування оснащуються освітленням потужністю 500 Вт для роботи в темний час доби та огороженнями для захисту від несанкціонованого доступу. Контейнеризація вантажів, наприклад, для арматури чи дрібного обладнання від Epitsentr K, підвищує ефективність зберігання та транспортування.

Для забезпечення безперервного виконання будівельних робіт при зведенні триповерхової монолітної житлової будівлі в Запоріжжі ретельно планується зберігання матеріалів, конструкцій і виробів. Визначено загальну потребу в ресурсах, розраховано добові витрати, нормативи запасів і необхідні площі складів. Усі розрахунки відповідають ДБН А.3.1-5:2016 «Організація

будівельного виробництва» і враховують технологічні потреби, терміни постачання та логістичні особливості. Склади організовано для оптимального доступу до матеріалів, таких як арматура, газобетонні блоки чи опалубка, з урахуванням зони дії баштових кранів

Загальна потреба в арматурі класу А400С становить 327 тонн за 262 дні будівництва, з добовою витратою 1,25 тонни. З урахуванням коефіцієнтів нерівномірності постачання (1,1) і витрати (1,3), а також нормативного запасу на 10 діб, розрахунковий запас арматури складає 17,87 тонн. Для зберігання 17 м² арматури, з коефіцієнтом складів 0,6, виділено закритий склад розміром 6×3 м. Закрите приміщення захищає арматуру від корозії, а розташування біля транспортних шляхів полегшує її подачу до зони монтажу.

Для зовнішніх стін потрібно 7500 газобетонних блоків, з добовою витратою 625 штук протягом 12 днів. Нормативний запас на 5 діб становить 4500 блоків, для яких потрібна складська площа 12 м² (з коефіцієнтом 7). Закритий склад розміром 4×4 м забезпечує захист блоків від вологи та механічних пошкоджень. Розташування складу в межах дії крана спрощує транспортування блоків до робочих зон, а контейнеризація вантажів підвищує ефективність логістики.

Загальна потреба в облицювальній цеглі для фасадів становить 130 000 штук, з добовою витратою 10 850 штук за 12 днів. Запас на 5 діб складає 77 500 штук, для яких необхідна складська площа 185 м² (коефіцієнт 110). Цегла зберігається в закритому складі розміром 19×10 м, що захищає її від атмосферних впливів. Склад розташовано вздовж тимчасових доріг для зручного розвантаження транспорту, а штабелі укладаються на піддони для безпеки та компактності.

Для плит перекриттів потрібно 283,3 м² опалубних щитів, з добовою витратою 1,08 м² протягом 262 днів. Нормативний запас на 10 діб становить 15,44 м², для яких виділено 32 м² складської площі (коефіцієнт 19,3). Закритий

склад розміром 6×6 м захищає ламіновану фанеру від вологи та пошкоджень. Щити зберігаються в штабелях на дерев'яних підкладках, що полегшує їх транспортування краном до зони монтажу.

Щитова опалубка для колон і стін має загальну потребу 238 м², з добовою витратою 0,91 м². Запас на 10 діб становить 13,1 м², для яких потрібно 41 м² складської площі (коефіцієнт 16,4). Закритий склад розміром 9×5 м забезпечує збереження сталевих рам і фанери, а його розташування біля зони монтажу оптимізує подачу опалубки від Budforma до робочих місць.

Для фундаменту потрібно 82,11 м³ блоків, з добовою витратою 27,37 м³ протягом 3 днів. Запас на 5 діб становить 195,7 м³, для яких виділено відкритий майданчик площею 97 м² (коефіцієнт 87). Майданчик розміром 10×10 м розташовано в зоні дії крана для зручного монтажу блоків. Відкрите зберігання допустиме завдяки стійкості блоків до погодних умов, а підкладки запобігають їх контакту з ґрунтом.

3.10.3 Розрахунок потреби будівництва у воді

Мережі тимчасового водопроводу призначені для задоволення виробничих, господарсько-побутових та протипожежних потреб будівництва.

При вирішенні питання про тимчасове водопостачання будівельного майданчика завдання полягає у визначенні схеми розташування мережі та діаметра трубопроводу, що подає воду на такі потреби: виробничі ($B_{ін}$); господарсько-побутові ($U_{госп-побут}$); душові установки ($B_{душ}$) та пожежогасіння ($U_{пож}$). Тоді загальна потреба у воді становитиме:

$$B_{общ} = 0,5 \cdot (B_{пр} + B_{хоз-быт} + B_{душ}) + B_{пож} \quad (3.2)$$

Витрата води на виробничі потреби визначається на підставі календарного плану та норм витрати. Для максимального встановлення витрати води на виробничі потреби складається графік.

Таблиця 3.7 - Графік потреби води на виробничі потреби

№	Споживачі води	Од. змін.	Кількість за зміну	Питома витрата води на од. змін.	Загальна витрата за зміну
1	2	3	4	5	6
1	Поливка бетону та залізобетону в літній час у кліматичних умовах середньої смуги	1 м ³ бетону/добу	4,85	400	1940
2	Цегляна кладка з приготуванням розчину	1000 шт.	11,5	230	2645
3	Приготування бетону в бетонозмішувачах	1 м ³ розчин	2	325	650
4	Трактори в середньому	1 добу	10	600	6000
Разом:					11235

При максимальній потребі знаходять секундну витрату води на виробничі потреби, л/с:

$$B_{np} = \frac{\sum B'_{max} \cdot k_i}{(t_i \cdot 3600)}, \quad (3.3)$$

де $\sum B'_{max}$ – максимальна витрата води;

k_i - Коефіцієнт нерівномірності споживання води, що дорівнює 1,5;

t_i - кількість годин роботи, до якої віднесено витрати води.

Кількість води на господарсько-побутові потреби визначається виходячи з запроектованого стройгенплану, кількості працюючих, користуються послугами,

норм води.

$$B_{np} = \frac{11235 \cdot 1,5}{(8 \cdot 3600)} = 0,6$$

Секундна витрата води на господарсько-побутові потреби

$$B_{хоз-быт} = \frac{\sum B_{\max}^2 \cdot k_2}{(t_2 \cdot 3600)}, \quad (3.4)$$

де $\sum B_{\max}^2$ - максимальна витрата води за зміну на господарсько-побутові потреби;

$$\sum B_{\max}^2 = N_{обш} \cdot n = 20 \cdot 15 = 300$$

n - норма витрати на чол

k_2 - Коефіцієнт не n рівномірності споживання, дорівнює 2;

t_2 - Число годин роботи в зміну.

$$B_{хоз-быт} = \frac{(300) \cdot 3}{(8 \cdot 3600)} = 0,03$$

Секундна витрата води на душові установки:

$$B_{душ} = \frac{\sum B_{\max}^3 \cdot k_3}{(t_3 \cdot 3600)}, \quad (3.5)$$

де $\sum B_{\max}^3$ - максимальна витрата води на душові установки;

$$\sum B_{\max}^3 = \frac{N_{\text{общ}}}{2} \cdot n = 10 \cdot 40 = 400$$

n - норма витрати на чол

t_3 - тривалість роботи душової установки, що приймається 0,75 год;

t_3 - Коефіцієнт нерівномірності споживання, дорівнює 1.

Розрахунок діаметра труб тимчасового водопроводу слід виконувати на період найбільшого водоспоживання з урахуванням витрати води для пожежогасіння.

$$B_{\text{дущ}} = \frac{400 \cdot 1}{(0.75 \cdot 3600)} = 0,15$$

Кількість води на пожежогасіння приймається для невеликих об'єктів з площею забудови до 10 га - з розрахунку одночасної дії двох струменів із гідрантів по 5 л/с.

$$B_{\text{общ}} = 0,5 \cdot (0.6 + 0.03 + 0.15) + 5 = 5,4 \text{ л/с}$$

Діаметр труб водопровідної напірної мережі розраховують за такою формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 B_{\text{общ}}}{\pi v}}, \quad (3.6)$$

де v - швидкість руху води трубами, м/с (приймається рівною 1,5-2,0 м/с - для труб великих діаметрів; 0,7-1,2 м/с - для труб малих діаметрів).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot 5,4}{3,14 \cdot 1,2}} = 75,7 \text{ мм}$$

За ДСТУ 8936:2019 підбирається труба діаметром 100 мм, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

3.10.4 Забезпечення будівництва електроенергією

Електроенергія на будівельному майданчику споживається харчування машин, тобто. для виробничих потреб, для зовнішнього та внутрішнього освітлення.

Вимоги до електропостачання: необхідно забезпечити будівництво електричною енергією в необхідній кількості та потрібної якості (напруга, частота), гнучкість електричної схеми (можливість харчування споживачів на всіх ділянках будівництва, надійність, безперебійність, мінімізація витрат на тимчасовий пристрій, мінімізація втрат у мережі.

Розрахункова трансформаторна потужність кВА визначається за формулою:

$$P_p = \alpha \left(\sum \frac{K_{1c} P_c}{\cos \alpha} \right) + \sum \frac{K_{2c} P_T}{\cos \varphi} + \sum K_{3c} P_{ov} + \sum P_{oh} \right), \quad (3.7)$$

де α - коефіцієнт, що враховує втрати в мережі залежно від довжини, перерізу, приймають 1,05-1,1;

K_1, K_2 - коефіцієнти попиту, залежні від кількості споживачів;

P_c - потужність силових споживачів, кВт;

P_T - потужність для технологічних потреб, кВт;

P_{ov} - потужність пристроїв освітлення внутрішнього, кВт;

$P_{вн}$ - потужність пристроїв освітлення зовнішнього, кВт;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності, що залежить від кількості та завантаження споживачів.

Таблиця 3.8 - Графік потужності установки для виробничих та технологічних потреб.

Найменування робіт та механізмів	Од. Змін.	Кількість	Встановлювана потужність, кВт	Загальна потужність, кВт
1	2	3	4	5
Баштовий кран	-	1	120	120
Ел. Трамб. ПЕ - 4302	-	5	1.6	8
Агрегат СО - 99	-	1	9.5	9.5
Агрегат зварювальний апарат	-	3	15	45

$$\sum \frac{K_{1c} \cdot P_c}{\cos \varphi} + \sum \frac{K_{2c} \cdot P_T}{\cos \varphi} = \frac{0,35 \cdot 120}{0,5} + \frac{0,25 \cdot 8}{0,3} + \frac{0,25 \cdot 9,5}{0,3} + \frac{0,35 \cdot 45}{0,4} = 140 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.9 - Потужність мережі для зовнішнього чи внутрішнього освітлення

№	Споживачі електроенергії	Од. вим, м ²	Норма освітленості, Вт	Потужність, кВт
1	2	3	4	5
1	Закриті склади	301	1.2	0,361
2	Відкриті склади	100	8	0,8
3	Територія будівництва	4460	0.4	1,8
4	Адміністративні та побутові приміщення	70	15	1,05
5	Душові та туалети	25	10	0,25

$$P_{OB} = 0,361 + 1,05 + 0,25 = 1,66 \text{ кВт}$$

$$P_{OH} = 0,8 + 1,8 = 2,6 \text{ кВт}$$

$$P_p = 1,1(140 + 0,8 \cdot 1,66 + 2,6) = 160 \text{ кВт}$$

Обираємо, ТМ-160/10: масляний трансформатор потужністю 160 кВА, виробництва «Трансформатор» (Україна).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2019.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіон України, 2016.
3. ДБН В.2.2-5:2011. Благоустрій територій. – К.: Мінрегіон України, 2011.
4. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. – К.: Мінрегіон України, 2014.
5. ДБН В.2.6-160:2010. Проектування бетонних та залізобетонних конструкцій. Основні положення. – К.: Мінрегіон України, 2010.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будівель і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проектування. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2010.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – К.: Мінрегіон України, 2006.
8. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіон України, 2016.
9. Петришин Г. П., Обідняк М. М. Архітектурне проектування: початковий курс: підручник. — Львів: Растр-7, 2010. — 275 с.
10. Король В. П. Архітектурне проектування житла: навч. посібник. — К.: Фенікс, 2006. — 208 с.
11. Ярошенко М. Г. (ред.). Технологія будівельного виробництва: підручник. — К.: Вища школа, 2006.
12. Ушацький С. А., Шейко Ю. П., Тригер Г. М. Організація будівництва: підручник. — К.: Кондор, 2007. — 521 с.
13. Биваліна М. В. Інженерний благоустрій міських територій: навч.

посібник. — К.: КНУБА, 2013. — 220 с.

14. Технологія та організація будівництва: навч. посібник для студентів будівельних спеціальностей. — Тернопіль: ТНТУ, 2016.

15. Чепелик В. В. Архітектурне проектування: методичні вказівки до виконання курсових робіт. — К.: КНУБА, 2012.