КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет урбаністики та просторового планування
Кафедра міського будівництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

“Реконструкція території з типовою 5-ти поверховою забудовою з подальшою диджиталізацією в БІМ модель та впровадженням її у відкриті бази данних у місті Києві в межах вулиць Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульвару Вацлава Гавела”

Гордієнко Євген Юрійович

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет урбаністики та просторового планування
Кафедра міського будівництва

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____
„___” _____20___ року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

на тему:

«Реконструкція території з типовою 5-ти поверховою забудовою з подальшою диджиталізацією в БІМ модель та впровадженням її у відкриті бази данних у місті Києві в межах вулиць Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульвару Вацлава Гавела»

Виконав студент групи МБГм-23-2
Гордієнко Євген Юрійович
Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія
ОП: Міське будівництво та господарство
Керівник: к.т.н. Тригуб Руслана Миколаївна

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: урбаністики та просторового планування
Кафедра: міського будівництва
Освітній рівень: магістр за ОПП
Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма: «Міське будівництво та господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету
_____
„___”_____20___ року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
Гордієнку Євгену Юрійовичу

1. Тема роботи: **«** Реконструкція території з типовою 5-ти поверховою забудовою з подальшою диджиталізацією в БІМ модель та впровадженням її у відкриті бази данних у місті Києві в межах вулиць Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульвару Вацлава Гавела**»**

затверджена наказом ректора КНУБА № __ від «__»_____20___року
2. Керівник роботи к.т.н. Тригуб Р.М.
3. Строк подання студентом роботи до захисту_____
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
Р. 1. Вступ.
Р. 2 .Аналітична частина.
Р. 3. Науково-дослідна частина.
Р. 4. Розрахунково-планувальні рішення.
Р. 5. Список літератури.

5. Графічний матеріал за розділами
Р. 1. «Схеми розташування об'єкту дослідження», «Існуюче функціональне використання території, будівель та споруд; М1:2000», «БІМ модель існуючого стану території та визначення типової забудови М1:2000», «Аналіз архітектурно-планувальних рішень будинку серії 1-464А-1», «БІМ модель

будинку серї 1-464А-1», «Аналіз архітектурно-планувальних рішень будинку серії 1-438-6», «БІМ модель будинку серії 1-438-6»,
Р. 3 «Проєктне рішення реконструкції будинку серії 1-438-6», «БІМ модель будинку серії 1-438-6 після реконструкції», «Проєктне рішення реконструкції будинку серії 1-464А-1», «БІМ модель будинку серії 1-464А-1 після реконструкції», «Функціональне використання території, будівель та споруд після реконструкції».

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	30.05.2024
Розділ 1. Аналітичний частина	14.06.2024
Розділ 2. Науково-дослідна частина	25.08.2024
Розділ 3. Розрахунково-планувальні рішення	24.11.2024
Висновки	25.11.2024
Список літератури	30.05.2024
Остаточне оформлення роботи	30.11.2024
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	
Попередній захист роботи на кафедрі	

8. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		Дата	Підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

9. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Приймаченко О.В.
(підпис) *(прізвище та ініціали)*

Керівник _____ Тригуб Р.М.
(підпис) *(прізвище та ініціали)*

Студент _____ Гордієнко Є.Ю.
(підпис) *(прізвище та ініціали)*

РЕЗЮМЕ (summary) до кваліфікаційної випускної роботи студента:		***Гордієнко Євген Юрійович***	
Назва ВНЗ	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема	Реконструкція території з типовою 5-ти поверховою забудовою з подальшою диджиталізацією в БІМ модель та впровадженням її у відкриті бази данних у місті Києві в межах вулиць Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульвару Вацлава Гавела		
Освітній ступінь	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання		
Факультет	Урбаністики та просторового планування		
Кафедра	Міського господарства		
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма/група	Міське будівництво та господарство / МБГм-23-2		
Керівник	к.т.н. Тригуб Р.М.		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	Розділів	креслень формату А1
	49	3	14
Розділ 1 Аналітична частина	У цьому розділі описується територія та визначається типова забудова. Визначення недоліків.		
Розділ 2 Науково-дослідна частина	У цьому розділі проведено обгрунтовано та розписано про БІМ моделювання та реконструкцію типової забудови		
Розділ 3 Проектно-конструктивні рішення	Розроблення проєктних рішень, які спрямовані на реконструкцію типової забудови для в умовах обмежених ресурсів. Особливу увагу приділено впровадженню БІМ моделей.		
Розділ 4 Висновки			
Ключові слова *(від 3 до 10 термінів або понять)*: **БІМ, реконструкція, типова забудова, цифрова модель.**			

Укладач: _____ / /

Керівник: _____/ /

“___” _____ 2024

Зміст

ВСТУП..... 7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 9
1.1. Опис об'єкта дослідження 10
1.2. Архітектурно-планувальні характеристики будівель. 11
1.3. Аналіз існуючого функціонального використання території..... 13
1.4. Оцінка проблем і недоліків існуючої забудови та інфраструктури..... 15
1.5. Перспективи застосування BIM-моделі..... 19
РОЗДІЛ 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА..... 21
2.1. Сучасні підходи до реконструкції типової п’ятиповерхової забудови 22
2.2. Методологія BIM-технологій у реконструкції міських територій 25
2.3. Зарубіжний досвід реконструкції типової забудови 28
2.4. Зарубіжний досвід роботи з BIM-технологіями 31
2.5. Аналіз можливостей впровадження BIM-моделей в умовах України 36
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ..... 39
3.1. Реконструкція житлових будівель..... 40
3.2. Модернізація прибудинкової території 43
3.3. Впровадження BIM-моделі для проєктних 44
рішень будинків серій 1-464А-1 та 1-438-6..... 44
ВИСНОВОК..... 45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... 47

ВСТУП

Реконструкція застарілих житлових територій є однією з найактуальніших задач сучасного містобудування. Більшість типових п’ятиповерхових житлових будинків, зведених у 60–70-х роках минулого століття, відомих як "хрущовки", на сьогодні перебувають у незадовільному технічному стані та морально застаріли. Ці будинки не відповідають сучасним вимогам енергоефективності, комфорту та функціонального використання простору. Фізичний знос конструкцій, нераціональне планування квартир, відсутність модернізованих інженерних мереж і низький рівень енергоефективності вимагають комплексного підходу до їх реконструкції.

Одним із найбільш прогресивних інструментів для вирішення задач містобудування є BIM-технології (Building Information Modeling), які дозволяють створювати інформаційні моделі будівель та територій у цифровому середовищі. Використання BIM дає змогу підвищити точність проєктних рішень, оптимізувати витрати ресурсів і впровадити дані у відкриті інформаційні бази. Це створює можливість для подальшого ефективного управління міською інфраструктурою, планування розвитку територій та забезпечення прозорості процесів реконструкції.

На прикладі території у Солом’янському районі міста Києва, обмеженої вулицями Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульваром Вацлава Гавела, важливо дослідити можливості комплексної реконструкції п’ятиповерхової забудови із застосуванням сучасних технологій. Реалізація такого підходу дозволить не лише модернізувати існуючі будівлі, а й створити комфортне середовище для мешканців за рахунок оптимізації функціональних зон, покращення інфраструктури та благоустрою території під час військового стану.

Важливість роботи полягає у необхідності інтеграції BIM-технологій для створення цифрової моделі реконструйованої території та подальшого впровадження цієї моделі у відкриті бази даних. Це забезпечить доступність інформації для органів управління містом, інвесторів та громадськості, що сприятиме прозорості та ефективності процесу реконструкції. У результаті

підвищиться якість міського середовища, рівень комфорту проживання та енергоефективність житлового фонду.

Таким чином, метою дослідження є розроблення оптимальної концепції реконструкції території з типовою п’ятиповерховою забудовою у місті Києві з використанням сучасних підходів до диджиталізації, зокрема створенням BIM моделі, яка стане основою для впровадження у відкриті бази даних і подальшого планування міського розвитку.

Для досягнення цієї мети було виконано певні задачі:

- Вивчення архітектурно-планувальних характеристик та стану будівель і інфраструктури.

- Оцінка можливостей модернізації існуючих будівель та інфраструктури.

- Визначення зон для реновації або нового будівництва.

- Збір і оцифрування даних щодо забудови та інфраструктури.

- Визначення функціональних зон з урахуванням потреб мешканців.

- Запровадження достатнього рівня безпеки під час військового стану.

-Створення оптимального рішення з реконструкції враховуючи економічний стан держави.

- Запровадження БІМ моделі з проєктними рішеннями для відкритих баз данних.

- Визначення майбутніх можливостей БІМ та аналіз закордонного досвіду використання та впровадження технологій.

- Аналіз досвіду у сфері безпеки для мешканців під час військового стану інших країн.

РОЗДІЛ 1.
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Опис об'єкта дослідження

Об'єкт дослідження охоплює територію в Солом'янському районі міста Києва, обмежену вулицями Академіка Білецького, Академіка Шалімова, Михайла Донця та бульваром Вацлава Гавела. Ця ділянка є частиною житлового мікрорайону, сформованого в період масової забудови другої половини XX століття. Територія характеризується типовою п’ятиповерховою забудовою, що відповідає архітектурним і технічним стандартам 60–70-х років минулого століття [2, 5].

Ділянка має компактну сітчасту структуру, сформовану з житлових будинків лінійного типу, які розташовані із значними відступами від червоних ліній вулиць. Основні будівлі представлені серіями 1-438-6 та 1-464А-1, які є прикладом радянської індустріальної архітектури, орієнтованої на мінімізацію витрат часу та ресурсів при будівництві [1, 5].

Особливістю об'єкта є його локальне розташування у контексті міської інфраструктури: поруч із та на території наявні заклади дошкільної та середньої освіти, невеликі зелені зони, а також окремі громадські та комерційні споруди. Однак розвиток території зупинився кілька десятиліть тому, що призвело до функціональної та технічної застарілості її забудови [3,6].

Технічний стан будівель, які є основою дослідження, потребує комплексного аналізу та реконструкції. Серед ключових особливостей об’єкта можна виділити відсутність сучасних інженерних рішень, обмежену адаптацію до нових соціальних потреб мешканців та невикористаний потенціал території для її модернізації.

Таким чином, об’єкт дослідження є яскравим прикладом території, яка потребує системної реконструкції із застосуванням сучасних методів цифровізації для подальшого інтегрування у міське середовище.

1.2. Архітектурно-планувальні характеристики будівель.

Аналіз території дослідження показав, що житловий фонд сформовано типовою п’ятиповерховою забудовою, характерною для масового будівництва 60–70-х років XX століття. Основними серіями будинків на цій ділянці є 1-438-6 та 1-464А-1, що були спроєктовані для швидкого вирішення житлового питання в радянський період [2,5].

Будинки серії 1-464А-1 широко використовувалися для панельного будівництва і мають такі характеристики:

- Зовнішні стіни – тришарові залізобетонні панелі товщиною 35 см з базовою теплоізоляцією [3].
- Внутрішні стіни – залізобетонні перегородки товщиною 12 см.
- Перекриття – суцільні залізобетонні панелі товщиною 10 см.
- Планування квартир малогабаритне:
  - Площа однокімнатної квартири – 28–31 м².
  - Двокімнатної – 39–46 м².
  - Трикімнатної – 55–62 м².
- Висота стелі – 2,5 м.

Ці будинки відзначаються швидким темпом будівництва завдяки уніфікованим елементам, проте планувальні рішення були максимально спрощеними [1].

Будинки серії 1-438-6 є ще одним прикладом поширеної забудови цього періоду, але з іншим конструктивним підходом:

- Зовнішні стіни – цегляні з товщиною до 51 см.
- Внутрішні стіни – цегляні перегородки товщиною 38 см.
- Перекриття – багатопустотні залізобетонні плити.
- Планування квартир дещо просторіше у порівнянні з панельними будинками:
  - Площа однокімнатної квартири – 30–35 м².
  - Двокімнатної – 40–48 м².
  - Трикімнатної – 56–62 м².
- Висота стелі також становить 2,5 м.

Архітектурно-планувальні рішення обох серій будинків відповідають індустріальному підходу того часу: спрощена конструкція, відсутність декоративних елементів та мінімальні затрати на будівництво. Розташування будівель у просторі території підпорядковане принципам лінійної забудови, що формує регулярну сітку кварталу з широкими відступами між будинками.

Прибудинкові території характеризуються відсутністю чітко визначених функціональних зон. Зелені насадження, дитячі майданчики та внутрішньоквартальні проїзди сформовані хаотично і значною мірою потребують оновлення.

Таким чином, територія дослідження представлена типовими зразками житлової забудови середини XX століття, які відображають стандарти того часу, але сьогодні вимагають комплексного підходу до реконструкції.

1.3. Аналіз існуючого функціонального використання території

Функціональне використання території дослідження сформовано відповідно до принципів мікрорайонного планування, що було характерним для середини XX століття. Основний простір території зайнятий житловою забудовою п’ятиповерхових будинків серій 1-438-6 та 1-464А-1. Будинки розташовані за лінійною схемою, з чіткими відступами від червоних ліній вулиць та сформованими міжквартальними територіями.

Житлова забудова є основною функціональною складовою території. Будинки мають компактне планування квартир та мінімалістичний архітектурний вигляд, типовий для масової забудови того часу. Між будинками сформовані дворові простори, які слугують місцем загального користування для мешканців.

Громадська інфраструктура представлена закладами соціального та освітнього призначення:

- Дошкільні заклади освіти розташовані в центральній частині мікрорайону,що забезпечує їхню доступність для мешканців прилеглих кварталів.
- Шкільні заклади обслуговують мікрорайон та його околиці, створюючи освітній осередок у межах пішохідної доступності.
- Комунально-побутові об'єкти розташовані переважно вздовж основних магістральних вулиць і включають невеликі магазини, пункти побутового обслуговування та адміністративні приміщення.

Рекреаційні зони представлені зеленими насадженнями у дворах житлових будинків, а також дитячими та спортивними майданчиками. Просторово ці об’єкти розташовані в межах внутрішньоквартальних територій, що відповідає вимогам мікрорайонного планування.

Транспортна інфраструктура включає внутрішньоквартальні проїзди та пішохідні маршрути, які забезпечують транспортну доступність території. Основні магістралі прилягають до кварталів та виконують функцію сполучення з іншими районами міста.

Таким чином, територія має чіткий функціональний поділ на житлову, громадську та рекреаційну зони, що відповідає принципам планування середини

XX століття. Формування функціональних елементів території відображає особливості розвитку містобудування того періоду та забезпечує базові потреби мешканців.

1.4. Оцінка проблем і недоліків існуючої забудови та інфраструктури.

Проведений аналіз території дослідження дозволив виділити ключові проблеми та недоліки існуючої забудови й інфраструктури, які виникли внаслідок тривалого використання житлового фонду без капітальної реконструкції та модернізації.

Технічний стан будівель серій 1-438-6 та 1-464А-1, що домінують на досліджуваній території, характеризуються значним фізичним зносом:

- Зовнішні стіни будівель мають низькі теплоізоляційні властивості через застарілі конструктивні рішення та матеріали.
- Покрівлі часто зазнають протікань, що призводить до руйнування міжповерхових перекриттів (рис.1.4.1.).
- Внутрішні інженерні мережі (водопостачання, каналізація, теплопостачання, електромережі) функціонують на межі своїх можливостей та не відповідають сучасним нормам.

Рис.1.4.1. Ілюстрація протікання перекриття

Функціональні недоліки житлових будинків

Планувальні рішення будинків, розроблені понад 60 років тому, не відповідають сучасним вимогам до комфорту та функціональності житла:

- Квартири мають обмежену площу та незручне планування (малі кухні, суміщені санвузли, відсутність комор та підсобних приміщень).
- Відсутність ліфтів у п'ятиповерхових будівлях ускладнює доступ для маломобільних груп населення.
- Неефективне використання міжповерхових просторів і сходових кліток.

Стан прибудинкових територій

Простір між житловими будинками сформований хаотично й нераціонально:

- Дитячі та спортивні майданчики переважно перебувають у занедбаному стані й не відповідають сучасним вимогам безпеки (рис.1.4.2.).

Рис.1.4.2. Ілюстрація дитячого майданчика на території

- Зелені насадження фрагментовані й не утворюють єдиної системи озеленення.

- Внутрішньоквартальні проїзди й тротуари мають в певних місцях незадовільний технічний стан через багаторічну експлуатацію без ремонту (рис. 1.4.3.).

Рис.1.4.3. Ілюстрація дитячого майданчика на території

Інженерна та соціальна інфраструктура

Існуюча інфраструктура району також має значні проблеми:

- Мережі теплопостачання, водопостачання та каналізації є застарілими й потребують капітального оновлення. Зі слів жильців деяких будинків гаряче водопостачання відсутнє з 2020 року.

Енергоефективність будівель

Будівлі не відповідають сучасним стандартам енергоефективності:

- Тепловтрати через огороджувальні конструкції (стіни, вікна, покрівлі) є значними.
- Віконні конструкції в більшості квартир є застарілими й потребують заміни (рис.1.4.4.).
- Неефективна система теплопостачання призводить до перевитрат енергії та зростання комунальних витрат мешканців.

Отже оцінка існуючої забудови та інфраструктури виявила комплекс технічних, функціональних та соціальних проблем, які вимагають комплексного підходу до реконструкції й модернізації території з використанням сучасних технологій та методів планування.

Рис.1.4.4. Ілюстрація застарілих віконних конструкцій

1.5. Перспективи застосування BIM-моделі

Застосування BIM-моделі (Building Information Modeling) для території дослідження, обмеженої забудовою п’ятиповерхових будинків, відкриває значні можливості для ефективного планування, проєктування та управління процесом реконструкції. Завдяки цифровій інформаційній моделі можна забезпечити комплексний підхід до модернізації житлового фонду та оптимізації функціонального використання території.

Для досліджуваної території створення BIM-моделі дозволить детально проаналізувати поточний стан існуючої забудови та сформувати точні цифрові копії будівель серій 1-438-6 та 1-464А-1. Це стане основою для проєктування ефективних рішень щодо реконструкції будівель, включаючи їхню модернізацію, термомодернізацію та перепланування внутрішніх приміщень.

Застосування BIM-технологій сприятиме розробленню оптимальних рішень для прибудинкових територій. Цифрова модель дозволить раціонально спланувати розташування зелених зон, дитячих і спортивних майданчиків, місць для паркування та пішохідних маршрутів. Це допоможе ефективно використовувати наявний простір, створивши зручне та функціональне середовище для мешканців.

Інженерні мережі території можуть бути детально промодельовані у BIM-середовищі. Це забезпечить точний аналіз існуючого стану інженерних систем та дозволить спроєктувати їхнє оновлення з урахуванням сучасних вимог енергоефективності й надійності. Моделювання водопостачання, водовідведення, теплопостачання та електромереж допоможе оптимізувати витрати на реконструкцію та експлуатацію.

BIM-модель також створює можливість для візуалізації проєктних рішень, що особливо важливо для ефективної комунікації між усіма учасниками проєкту реконструкції – проєктувальниками, забудовниками, місцевою владою та мешканцями. Тривимірна модель дозволить наочно представити зміни, які планується впровадити на території, та оцінити їхній вплив на просторову організацію.

Ще однією перспективою є інтеграція BIM-моделей у міські інформаційні системи. Цифрова база даних про територію може використовуватися для моніторингу стану будівель, планування подальших реконструкцій, а також для підвищення прозорості управлінських рішень. Це сприятиме більш ефективному використанню ресурсів та покращенню якості міської інфраструктури.

Таким чином, застосування BIM-моделі для досліджуваної території забезпечує точний аналіз існуючого стану забудови, оптимізацію рішень з реконструкції, модернізацію інженерних мереж і раціональне використання простору. Це дозволить створити сучасне та комфортне середовище для мешканців, а також інтегрувати отримані дані у систему міського управління для подальшого розвитку території.

РОЗДІЛ 2
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Сучасні підходи до реконструкції типової п’ятиповерхової забудови

Реконструкція п’ятиповерхових будинків серійної забудови є актуальним завданням, що потребує системного підходу до вирішення технічних, функціональних та естетичних проблем будівель. За сучасних умов основні напрями реконструкції стосуються термомодернізації, модернізації інженерних систем, перепланування внутрішніх приміщень, а також застосування цифрових інструментів, таких як BIM-технології [2,7].

1. Термомодернізація будівель

Одним із пріоритетних завдань реконструкції є зменшення енергетичних втрат житлових будинків, які мають низькі теплоізоляційні властивості. За даними нормативного документа ДБН В.2.6-31:2021 *"Теплова ізоляція будівель"*, ефективне утеплення фасадів та покрівель дозволяє скоротити тепловтрати до 30-40%. Основними заходами є:

- Утеплення зовнішніх стін системами «мокрий фасад» із використанням мінеральної вати або пінополістиролу.
- Теплоізоляція цокольної частини будівлі та горищ.
- Заміна застарілих вікон на енергоефективні конструкції з подвійним або потрійним склінням.

Як зазначає Коваль С.П. у роботі "Модернізація багатоквартирних будинків", термомодернізація не лише підвищує енергоефективність, але й значно покращує комфорт житлових приміщень: *"Комплексне утеплення будівлі дозволяє підтримувати стабільний температурний режим у квартирах та зменшує витрати на опалення в середньому на 25-30%"* [3].

2. Модернізація інженерних систем

Інженерні системи п’ятиповерхових будинків, зокрема опалення, водопостачання та каналізація, перебувають у технічно зношеному стані. Для їх оновлення застосовуються сучасні рішення, що передбачають:

- Встановлення індивідуальних теплових пунктів (ІТП) з автоматичним регулюванням подачі тепла.

- Заміна старих трубопроводів на сучасні полімерні матеріали з тривалим терміном служби.
- Впровадження систем рекуперації повітря для оптимізації вентиляції та зниження енерговитрат.

ДБН В.2.5-67:2013 *"Опалення, вентиляція та кондиціювання"* регламентує нові вимоги до систем інженерного забезпечення будівель, спрямовані на їх надійність та енергоефективність [4]. Павлючик В.А. у своїх дослідженнях підкреслює: *"Оновлення інженерних мереж є обов'язковим етапом реконструкції, оскільки зношені системи призводять до значних втрат ресурсів і аварійних ситуацій"* [5].

3. Архітектурно-планувальна модернізація

Застаріле планування квартир є однією з ключових проблем п'ятиповерхової забудови. Сучасні підходи до реконструкції передбачають оптимізацію внутрішнього простору для покращення функціональності житла:

- Об'єднання кухонь із суміжними кімнатами для створення відкритого планування.
- Розширення площ квартир за рахунок приєднання балконів і лоджій.
- Організація додаткових санвузлів у трикімнатних квартирах [17].

Як зазначає Новосад І.Г. у своїй роботі *"Реконструкція житлових будівель серійної забудови як складова сталого розвитку"*: *"Зміна планування дозволяє адаптувати квартири до сучасних стандартів комфорту та потреб мешканців, створюючи зручний житловий простір на обмеженій площі"* [7].

4. Надбудова додаткових поверхів

Одним із перспективних методів реконструкції є надбудова поверхів, що дозволяє збільшити корисну площу будинку без потреби знесення існуючих конструкцій. Для цього використовуються сучасні легкі матеріали, зокрема металеві каркаси або модульні блоки, які мінімізують навантаження на фундамент та несучі конструкції будівлі [8].

Надбудова є економічно доцільною, оскільки додаткові поверхи можуть використовуватися для створення нового житла або комерційних приміщень, що частково фінансуватиме реконструкцію існуючої будівлі.

2.2. Методологія BIM-технологій у реконструкції міських територій

Сучасна реконструкція міських територій потребує інноваційних методів управління інформацією та планування. Одним із найважливіших підходів є впровадження BIM-технологій (Building Information Modeling), які дозволяють створювати інформаційні моделі будівель, інфраструктури та територій у цифровому середовищі. BIM не лише забезпечує тривимірну геометрію об’єкта, але й включає дані про матеріали, інженерні системи, вартість та терміни виконання робіт. У контексті реконструкції застарілих територій, особливо з типовою забудовою, BIM є основою для підвищення ефективності проєктування, будівництва та управління об’єктами [7].

BIM-технології являють собою процес цифрового моделювання, який об’єднує всі дані про об’єкт у єдиному інформаційному середовищі. Це дозволяє проєктувальникам, будівельникам та замовникам працювати з єдиною актуальною моделлю, мінімізуючи помилки та покращуючи комунікацію. Як зазначено у ДСТУ EN ISO 19650:2020, *"BIM є ефективним інструментом для координації на всіх етапах життєвого циклу об'єкта: від проєктування до експлуатації"* [8].

Застосування BIM у реконструкції міських територій дає змогу аналізувати існуючі будівлі, створювати детальні віртуальні моделі та впроваджувати оптимальні технічні рішення. Завдяки цьому можливо:

- Виконати технічне обстеження будівель і точно визначити обсяги реконструкції.
- Оптимізувати витрати матеріалів та робіт за рахунок точних розрахунків.
- Покращити енергоефективність будівель шляхом моделювання теплових характеристик.
- Планувати функціональне використання територій, зокрема благоустрій та організацію зелених зон.

Одним із ключових аспектів BIM є використання рівнів деталізації (LOD – Level of Development), які визначають ступінь опрацювання цифрової моделі на різних етапах проєкту.

- LOD 100 – створення базової концептуальної моделі, що відображає загальні контури будівлі.
- LOD 200 – розробка моделі з основними розмірами, формами та орієнтовними даними про елементи.
- LOD 300 – детальна модель, яка включає точні геометричні параметри та інформацію про конструктивні елементи.
- LOD 400 – монтажна модель, яка використовується на етапі будівництва та включає специфікації елементів.
- LOD 500 – експлуатаційна модель, що застосовується для управління будівлею та інфраструктурою [9].

Застосування LOD 300–400 у реконструкції п'ятиповерхової забудови дозволяє створити повноцінний цифровий образ будівлі, включно з інженерними системами та детальними характеристиками конструктивних елементів [10].

На практиці, моделі LOD 500 можуть бути використані для інтеграції у міські інформаційні системи з метою управління інфраструктурою та планування подальших реконструкцій.

Окрім геометричної складової (3D), BIM-моделювання включає додаткові виміри, які розширюють можливості цифрового моделювання.

1. 3D BIM – створення тривимірної моделі будівлі з усіма архітектурними та конструктивними елементами.
2. 4D BIM – інтеграція часових параметрів для створення графіків виконання будівельних робіт.
3. 5D BIM – додавання інформації про вартість будівництва, реконструкції та матеріалів.
4. 6D BIM – аналіз енергоефективності будівлі та моделювання її впливу на навколишнє середовище.
5. 7D BIM – управління обслуговуванням будівлі протягом її життєвого циклу, включно з технічним обслуговуванням і моніторингом.

"7D BIM є основою для довгострокового управління будівлею, дозволяючи створити повноцінну базу даних про технічний стан і необхідність планових

ремонтів", – зазначає Павлюк В. у дослідженні "7D BIM у реконструкції міських територій" [12].

Ілюстрація еволюції від 3D до 7D BIM допоможе візуалізувати, як моделі збагачуються додатковими параметрами, забезпечуючи повний контроль над процесами реконструкції (рис.2.2.1.).

Рис.2.2.1. Ілюстрація еволюції від 3D до 7D BIM

Важливим аспектом впровадження BIM є його роль у розвитку "розумних міст" (Smart Cities). Цифрові моделі будівель і територій можуть бути інтегровані у міські інформаційні системи, що дозволяє ефективно керувати інфраструктурою, оптимізувати ресурси та планувати розвиток міста [25].

Наприклад, BIM-моделі допомагають створювати єдину цифрову базу даних, яка включає інформацію про технічний стан будівель, інженерні мережі та благоустрій територій. Ці дані використовуються для прогнозування потреб у реконструкції, моніторингу об’єктів та забезпечення прозорості міських процесів.

Поєднання штучного інтелекту (AI) та BIM відкриває нові можливості для автоматизації аналізу міської інфраструктури. Алгоритми AI можуть аналізувати дані з BIM-моделей, прогнозувати знос будівель, оптимізувати витрати на ремонт та впроваджувати інноваційні рішення для розвитку міст [25].

2.3. Зарубіжний досвід реконструкції типової забудови

Зарубіжний досвід реконструкції житлових будинків масової забудови є важливим орієнтиром для України, де значна частина житлового фонду представлена п’ятиповерховими будівлями радянського періоду. У багатьох країнах світу проблема морально та фізично застарілих будівель вирішується шляхом застосування інноваційних підходів до реконструкції, енергоефективної модернізації та перепланування житла для відповідності сучасним вимогам. У цьому контексті варто розглянути досвід Німеччини, Франції, Польщі та Скандинавських країн, які є лідерами у впровадженні сталих рішень у реконструкції житлових районів.

Німецький досвід реконструкції панельних будинків є одним із найуспішніших прикладів у Європі. Після об’єднання Німеччини у 1990-х роках значна кількість будівель у східних землях (колишня НДР) перебувала у незадовільному стані. Основні заходи реновації включали термомодернізацію фасадів, заміну інженерних систем та перепланування квартир для покращення функціональності.

- Зовнішні стіни утеплювалися сучасними матеріалами з використанням систем *"мокрий фасад"* .
- Балкони об’єднувалися з житловими кімнатами для збільшення корисної площі.
- Перепланування квартир дозволяло усунути суміжні кімнати й покращити функціональний розподіл простору.

У роботі "Sustainable Renovation of East German Plattenbau" зазначається, що *"термомодернізація панельних будівель дозволила скоротити енергоспоживання на 40–60%, що стало ключовим фактором у продовженні їхнього терміну служби"* (Source: Journal of Sustainable Urban Development, 2020) (рис.2.3.1) [13, 18].

Рис.2.3.1. Ілюстрація будинків Plattenbau

Франція зосереджується на поєднанні архітектурного оновлення та екологічної модернізації для реконструкції житлових кварталів. Програма "Grand Paris" є прикладом успішної інтеграції інноваційних рішень у застарілу забудову.

Основні заходи включають:

- Реконструкцію фасадів із додаванням сучасних елементів, що поліпшують естетику будівель.
- Встановлення сонячних панелей для забезпечення альтернативної енергії.
- Модернізацію інженерних мереж для зменшення тепловтрат.

У роботі Bardet L. "Renovating Social Housing in Paris" стверджується: *"Архітектурна модернізація в поєднанні з екологічними рішеннями дозволяє досягти сталого розвитку міських територій і покращити якість життя мешканців"* (Source: Urban Studies Journal, 2018) [14].

Досвід Польщі у реконструкції житлових районів є особливо цінним для України, оскільки обидві країни мають подібну архітектурну спадщину радянського періоду. Польща зосередилася на поквартирній модернізації та впровадженні інновацій у благоустрій територій.

Основні кроки:

- Заміна систем опалення та встановлення індивідуальних теплових пунктів.
- Утеплення фасадів і заміна вікон для підвищення енергоефективності.
- Облаштування прибудинкових територій із новими дитячими майданчиками, паркувальними місцями та озелененням.

У статті Nowak P. "Post-Soviet Housing Renovation in Poland" зазначено: *"Реконструкція мікрорайонів на основі поквартирного підходу дозволяє поступово оновлювати будівлі без необхідності їх повного виселення"* (Source: Polish Architecture Review, 2019) [15].

Скандинавські країни, зокрема Швеція та Данія, акцентують увагу на досягненні високої енергоефективності при реконструкції житлових будівель. Використання технологій "пасивного будинку" дозволяє мінімізувати енергоспоживання будівель [19, 20].

Основні рішення включають:

- Утеплення будівель із використанням екологічно чистих матеріалів.
- Встановлення систем рекуперації повітря для збереження тепла у приміщеннях.
- Інтеграція BIM-технологій для точного аналізу енергоефективності на етапі проєктування.

Як зазначається у "Passive House Renovation in Scandinavia": *"Енергоефективна модернізація застарілих будівель дозволяє досягти скорочення викидів CO_2 на 50% і значно зменшити витрати на комунальні послуги"* (Source: Nordic Energy Efficiency Journal, 2021) [16, 21].

2.4. Зарубіжний досвід роботи з BIM-технологіями

Країни з розвиненим будівельним сектором активно впроваджують BIM для оптимізації процесів проєктування, зменшення витрат і підвищення ефективності робіт. Серед провідних країн у цій сфері особливо вирізняються Ізраїль, Естонія та Норвегія, де BIM інтегрується разом із Lean-технологіями, цифровізацією державних проєктів і концепцією "цифрових близнюків" (Twin City) [22].

Ізраїль демонструє інноваційний підхід до впровадження BIM у поєднанні з концепцією Lean-будівництва. Компанія Tidhar, яка є лідером на ізраїльському ринку, використовує ці методології для підвищення ефективності проєктування та будівництва.

Lean-будівництво фокусується на мінімізації втрат ресурсів, оптимізації робочих процесів і створенні цінності для клієнта. Поєднання Lean із BIM дозволяє Tidhar досягати точного планування, синхронізації робіт та контролю на всіх етапах будівництва.

Економічна ефективність застосування BIM у Tidhar порівняно зі звичайним будівництвом є особливо показовою. За традиційного підходу до проєктування й будівництва значні ресурси витрачалися на матеріали, робочу силу та усунення помилок, що виникали через неузгодженість проєктних рішень. Наприклад, відходи будівельних матеріалів у традиційному будівництві могли сягати **15–20%** від загального обсягу. Завдяки впровадженню BIM на етапі планування компанія Tidhar зуміла точно розрахувати необхідну кількість матеріалів, зменшивши їх перевитрати до 5–7%, що забезпечило пряму економію близько 10% загального бюджету на будівництво [26].

Крім того, використання BIM значно скоротило терміни реалізації проєктів. У звичайному будівництві через неузгодженість між учасниками, відсутність єдиної цифрової моделі та затримки в доставці матеріалів графіки робіт часто затримувались на 15–20%. Застосування BIM разом із принципами Lean-будівництва дозволяє Tidhar створювати детальні графіки робіт, інтегровані у віртуальну модель будівлі, що забезпечує точне планування кожного етапу. Це

дозволяє зменшити час на виконання робіт на 20–30%, а також уникнути непотрібних простоїв чи дублювання завдань.

У роботі "Integrating BIM and Lean in Construction", опублікованій Tidhar Group, наголошується: *"Використання BIM дає змогу уникнути помилок у проєктуванні та будівництві, що знижує витрати на переробки та додаткові роботи на 15–20%, порівняно з традиційними методами"* [23]. Це підтверджується практичними результатами, де цифрова координація забезпечує чітку взаємодію між архітекторами, інженерами, підрядниками та постачальниками.

Ще однією перевагою є можливість використання цифрової моделі для оптимізації логістики на будівельному майданчику. У традиційному підході часті проблеми з доставкою матеріалів та координацією технічних служб призводять до додаткових витрат часу та коштів. BIM дозволяє Tidhar інтегрувати логістичні процеси у цифрову модель, синхронізуючи графіки доставки з виконанням робіт. Це не лише прискорює процес будівництва, але й мінімізує витрати на зберігання матеріалів і техніки.

Таким чином, досвід Ізраїлю, зокрема компанії Tidhar, демонструє реальні економічні переваги використання BIM у поєднанні з Lean-будівництвом. Поєднання точного планування, мінімізації витрат ресурсів та оптимізації часу дозволяє досягти високої ефективності будівництва. Це підходи, які можна застосовувати в реконструкції міських територій, забезпечуючи не лише скорочення витрат, але й покращення якості та довговічності будівель.

Естонія є лідером серед країн Європи у сфері цифровізації проєктування та інтеграції BIM на державному рівні. В країні діє стратегія "Digital Estonia", яка спрямована на 100% перехід до цифрового будівництва [33].

Основні аспекти використання BIM в Естонії:

1. Державні вимоги щодо BIM-проєктування:
    - З 2018 року всі державні будівельні проєкти повинні виконуватись у BIM-середовищі.

- Використання BIM для проєктування дозволяє державним органам контролювати процес будівництва, оцінювати витрати та управляти об'єктами після їх здачі.

2. Цифровізація містобудівної документації:
   - Проєкти автоматично інтегруються до національної бази даних будівель (e-Construction Platform), де зберігаються цифрові моделі будівель для подальшого моніторингу.
3. BIM для житлового будівництва:
   - У роботі "Estonia's Digital Construction Revolution" наголошується:

"Цифрові моделі, створені у BIM, дозволяють оптимізувати витрати на житлове будівництво на 10–15% завдяки точним розрахункам матеріалів та енергоефективності" [24].

Естонія також активно розвиває навчальні програми з BIM, забезпечуючи підготовку фахівців для будівельного сектору, що є основою для сталого розвитку технологій у країні.

Норвегія є одним із лідерів у впровадженні BIM-технологій та розробці інноваційних рішень для управління міською інфраструктурою. Особливу увагу тут приділяють створенню цифрових близнюків міст – віртуальних копій фізичних об'єктів, які дозволяють моніторити, моделювати та прогнозувати розвиток територій у реальному часі. Проєкт "Twin City", що впроваджується у містах Норвегії, є прикладом комплексної цифровізації міської інфраструктури з використанням BIM, IoT (Інтернету речей) та аналітики штучного інтелекту (AI) [29].

Одним із перших міст, де успішно реалізується концепція "Twin City", є Тронгейм. Тут цифрові близнюки використовуються для детального аналізу стану будівель та інженерних систем. На початковому етапі проєкту було створено BIM-моделі будівель за допомогою лазерного сканування та лідара. Це дозволило отримати точну геометрію об’єктів, дані про матеріали, енергоефективність та інженерні мережі. Як результат, будівлі отримали цифрові копії, які постійно

оновлюються відповідно до реальних показників, що збираються за допомогою датчиків [27,28,34].

Моніторинг стану міської інфраструктури у Тронгеймі здійснюється за допомогою IoT-сенсорів, які збирають дані в реальному часі. Ці сенсори встановлені на будівлях, дорогах, інженерних мережах і фіксують ключові показники, як-от енерговитрати, навантаження на мережі, зміни температури чи вологості. Отримані дані інтегруються у BIM-середовище та аналізуються за допомогою аналітичних інструментів AI, що дозволяє швидко виявляти проблеми та прогнозувати необхідність ремонтних робіт. У дослідженні "Smart Cities and Digital Twins in Norway" підкреслюється:

"Поєднання сенсорних технологій та BIM-моделей дозволяє забезпечити ефективне управління міськими системами, зменшуючи витрати на їх утримання до 25%" [25].

Цифрові близнюки також застосовуються для планування реконструкції територій. Завдяки динамічним моделям стало можливим аналізувати технічний стан будівель, пріоритезувати об’єкти для модернізації та оцінювати енергоефективність кожного з них. У Тронгеймі цифровий близнюк міста допомагає планувати зони реконструкції таким чином, щоб мінімізувати дискомфорт для мешканців та зменшити витрати на ресурси. Важливим аспектом є впровадження заходів із термомодернізації, заміни інженерних мереж та оптимізації транспортної інфраструктури.

Важливу роль у проєкті "Twin City" відіграє сталий розвиток та енергоефективність. BIM-технології дозволяють детально моделювати та аналізувати теплові потоки будівель, оцінювати їх енергоспоживання та пропонувати рішення для мінімізації витрат енергії. Наприклад, у Тронгеймі завдяки впровадженню цифрових моделей було знижено викиди CO_2 на 30%, а енергоспоживання будівель скорочено на 20–25% [34].

Соціально-економічні переваги впровадження цифрових близнюків є значними. Окрім зниження витрат на утримання інфраструктури, проєкт сприяє покращенню якості життя мешканців завдяки модернізації комунальних послуг,

створенню сучасних просторів для відпочинку та підвищенню ефективності міської логістики. У роботі "Trondheim Digital Twin Project" зазначено:

"Цифрові близнюки забезпечують точну координацію міських процесів, що дозволяє містам розвиватися стало, мінімізуючи витрати ресурсів та енергії" [27].

Майбутній розвиток концепції "Twin City" у Норвегії передбачає її масштабування на інші міста, інтеграцію більшої кількості сенсорів і розширення можливостей аналітики на основі штучного інтелекту. Планується, що цифрові близнюки стануть основою для "розумних міст", які функціонуватимуть у режимі реального часу, забезпечуючи автоматизоване управління інфраструктурою та плануванням реконструкції.

2.5. Аналіз можливостей впровадження BIM-моделей в умовах України

Впровадження BIM-технологій в Україні є актуальним завданням, що пов’язане з необхідністю модернізації будівельного сектору та покращення управління міськими територіями. Застарілий житловий фонд, інфраструктурні проблеми та поступова цифровізація будівельної галузі створюють сприятливі умови для інтеграції BIM у процеси проєктування, реконструкції та управління об’єктами. Однак процес впровадження BIM в Україні має як значний потенціал, так і низку викликів, які потребують вирішення.

Український будівельний сектор має великий потенціал для впровадження BIM-моделей завдяки наявності численного житлового фонду, що потребує реконструкції та термомодернізації. Застосування BIM дозволить не лише поліпшити процес проєктування, але й оптимізувати витрати на будівництво, скоротити час реалізації проєктів і забезпечити якісний контроль на всіх етапах життєвого циклу об’єкта.

У роботі "Цифровізація будівництва в Україні: можливості та виклики", опублікованій у 2021 році, зазначається:

"BIM-технології дають змогу знизити вартість будівництва на 10–15% за рахунок точного проєктування та мінімізації помилок під час реалізації проєкту" [30].

Це особливо актуально для проєктів реконструкції старих житлових районів, де необхідно враховувати технічний стан будівель та специфіку інфраструктури. Використання BIM на етапі обстеження та проєктування дозволяє створювати цифрові моделі існуючих будівель, у яких відображаються геометричні параметри, конструктивні особливості та стан інженерних мереж.

Одним із ключових кроків для впровадження BIM в Україні є створення відповідної нормативно-правової бази. Наразі Україна поступово інтегрує вимоги BIM у будівельну галузь. Зокрема, у 2020 році Міністерство розвитку громад та територій анонсувало програму впровадження BIM до 2025 року.

Згідно з документом "Концепція впровадження технологій інформаційного моделювання у будівництві", основними завданнями є:

1. Розробка національних стандартів BIM на основі міжнародних практик (ISO 19650).

2. Впровадження BIM для державних будівельних проєктів як обов’язкової вимоги.

3. Підготовка фахівців та розвиток освітніх програм у закладах вищої освіти.

"Впровадження BIM у державні будівельні програми дозволить значно підвищити прозорість витрат та ефективність управління ресурсами", – наголошується у Концепції Міністерства розвитку громад та територій [31].

Попри значний потенціал, впровадження BIM в Україні стикається з низкою викликів. Одним із основних є відсутність кваліфікованих кадрів та недостатня підготовка будівельних спеціалістів для роботи у BIM-середовищі. Більшість проєктних організацій продовжують працювати за традиційними методами, що обмежує можливість швидкого переходу до цифрового моделювання.

Іншим викликом є фінансові бар'єри. Впровадження BIM потребує значних інвестицій у програмне забезпечення, обладнання та навчання персоналу. У дослідженні "Технології BIM: бар'єри та перспективи в Україні" (2022) наголошується:

"Впровадження BIM-технологій на початкових етапах потребує значних фінансових витрат, однак у довгостроковій перспективі це забезпечує економію ресурсів та підвищення ефективності будівельних робіт"[32].

Крім того, важливою проблемою є низький рівень цифровізації державних структур, які контролюють та реалізують будівельні проєкти. Для повноцінного впровадження BIM необхідно створити єдину цифрову платформу, що забезпечуватиме зберігання та обмін BIM-моделями між проєктувальниками, підрядниками та державними органами.

Використання BIM-моделей є особливо перспективним для реконструкції застарілих районів, оскільки технологія дозволяє:

- Створювати цифрові копії існуючих будівель для детального аналізу їхнього технічного стану.

- Планувати термомодернізацію та заміну інженерних мереж, що є критично важливим для старого житлового фонду.
- Оптимізувати витрати завдяки точному проєктуванню та розрахунку необхідних матеріалів.

На прикладі впровадження BIM у інших країнах, зокрема у Польщі та Естонії, показано, що цифрове моделювання дозволяє скоротити витрати на реконструкцію до 15–20% та зменшити терміни виконання робіт на 20–30%.

Інтеграція BIM у процеси містобудівного планування дозволить створювати цифрові моделі міст для оптимізації управління інфраструктурою. Ці моделі можуть включати дані про будівлі, дороги, інженерні мережі та громадські простори, що забезпечить точне планування реконструкції територій.

Застосування BIM також відкриває можливість для розвитку концепції "розумних міст" (Smart Cities) в Україні. Як показує досвід Норвегії та Естонії, поєднання BIM із сенсорними технологіями та аналітикою на основі штучного інтелекту дозволяє прогнозувати потреби у розвитку інфраструктури та забезпечувати сталий розвиток міського середовища.

Аналіз можливостей впровадження BIM-технологій в Україні демонструє значний потенціал для модернізації будівельної галузі та реконструкції житлового фонду. Створення цифрових моделей будівель дозволить підвищити ефективність проєктування, скоротити витрати та час реалізації проєктів, а також покращити управління міською інфраструктурою. Водночас для успішної інтеграції BIM необхідно подолати фінансові, кадрові та нормативні бар’єри, забезпечивши державну підтримку та підготовку спеціалістів для роботи в цифровому середовищі.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

3.1. Реконструкція житлових будівель

Реконструкція житлових будівель завжди була актуальним завданням через велику кількість застарілого житлового фонду, однак під час воєнного стану реконструкція стає ще більш особливою, вимагається застосування ефективних проєктних рішень та інноваційних підходів. В умовах обмежених ресурсів, руйнування інфраструктури та соціально-економічних викликів важливо забезпечити створення кофмортного житлового фонду.

У контексті військового конфлікту Україна стикається з рядом викликів, які викликають на процеси реконструкції житлових будівель:

- Руйнування житлового фонду внаслідок бойових дій, що призводить до втрати житла для багатьох українців.
- Обмежені ресурси: нестача будівельних матеріалів, фінансування та кваліфікованої робочої сили через переміщення населення.
- Необхідність швидких рішень: важливість оперативної реалізації проєктів з мінімізацією часу будівництва та витрат.
- Забезпечення людей, котрі отримали інвалідність внаслідок бойових дій, умовами для комфортного проживання.

Як зазначається у дослідженні "Реконструкція житлових будівель у кризових умовах" (2022), *"Проєктування під час війни потребує особливих методів планування, які враховують обмеження часу, ресурсів та технічного стану будівель"* [35].

Для будівель серії 1-438-6, враховуючи досвід європейських країн, таких як Німеччина, Франція та скандинавські держави, де реконструкція житлових будівель спрямована на забезпечення сучасних стандартів проживання та підвищення комфорту для різних категорій населення, було прийнято рішення щодо об’єднання квартир у процесі реконструкції. Основною метою цього рішення є створення просторих, функціональних та інклюзивних житлових приміщень, що відповідають потребам людей з обмеженими фізичними можливостями. Оскільки будівлі данної серії зроблені з цегли, то це не викликає ніяких проблем з демонтажу міжквартир

перегородок та розширення маленьких радянських кухонь та ванних кімнат до значень, що забезпечать комфортне використання для людей з інвалідністю.

Окрім того пропонується передача частини прибудинкової території у власність квартир, відштовхучись від досвіду Німеччини під час модернізації застарілих будівель серійної забудови (Plattenbau). Це рішення спрямоване на створення індивідуалізованого житлового простору, підвищення функціональності територій та забезпечення сучасних стандартів комфорту. Передбачається облаштування виходів на прибудинкову територію заміною вікон, котрі розположенні під балконами на двері та додатковим розміщенням сходів та пандусів відповідно до норм для людей з інвалідністю. Приватний вихід на прибудинкову територію усуває необхідність користування під'їздами, котрі не адаптовані під інклюзивність, що є важливим фактором для маломобільних груп населення.

Після реконструкції будівель серії 1-468-6 кількість квартир на одну забудову зменшена з 80 до 40.

Для будівель серії 1-464А-1 було прийняте таке саме рішення з передачею прибудинкової території у власність квартир. Проте ця забудова являється панельним типом, і міжквартирні стіни є несучими, тому було вирішено не об'єднувати квартири, однак об'єднати кухні зі спільним простором та розширити ванні кімнати задля збільшення площі користування, бо міжкімнатні стіни не є несучими елементами.

Також для обох серій будівель повинно бути забезпечено утеплення зовнішніх стін та заміна старих вікон на нові склопакети, з метою зменшення тепловитрат. Також враховуючи військовий стан та в цілому геополітичне положення укриття у підвальних приміщеннях повинні бути також обладнанні усим необхідним задля забезпечення безпеки жильців.

У майбутньому, також можливе розміщення спеціально обладнаних кімнат в кожній квартирі бомбосховищ, по типу мамадів в Ізраїлі (рис. 3.1.1). Оскільки ця країна постійно перебуває в затяжних війнах та живе під ризиками обстрілів вони розробили варіанти убезпечення людей від обстрілів. Мамад – це кімната, котра має окрему систему вентиляції та протипожежної безпеки, вікна мають металеві заслонки (котрі можуть бути видвинуті, щоб прикрити вікно), а також металеві двері, котрі жостко закріплені в стіні та захищають від можливих уламків.

Рис. 3.1.1. Приклад мамаду в Ізраїлі

3.2. Модернізація прибудинкової території

В умовах обмежених ресурсів під час воєнного стану реконструкція житлових будівель і прибудинкових територій потребує особливого підходу, спрямованого на максимально ефективне використання наявних можливостей. Тому було прийняте рішення тільки про запровадження проїздів для маломобільних груп населення, після часткової передачі прибудинкової території у приватне користування мешканцям квартир перших поверхів.

Через обмежені фінансові ресурси та необхідність швидкого виконання робіт, проєктування проїздів було здійснено з використанням мінімально необхідних стандартів доступності. Перевагами такого рішення є:

- Швидка реалізація проєкту з мінімальними витратами на матеріали та робочу силу.
- Забезпечення доступу для маломобільних осіб, що є критично важливим для соціальної інтеграції.
- Збереження функціональності території, незважаючи на часткову приватизацію.

Водночас, рішення забезпечує повагу до приватного простору мешканців, надаючи їм можливість користуватися переданою територією без втручання у загальну інфраструктуру [36].

3.3. Впровадження BIM-моделі для проєктних рішень будинків серій 1-464А-1 та 1-438-6

Будинки серій 1-464А-1 та 1-438-6 є одними з найбільш поширених типових проєктів житлової забудови радянського періоду, які активно використовуються в Україні. Ці будівлі характеризуються застарілим технічним станом, невеликими площами квартир, низькою енергоефективністю та моральною зношеністю інженерних систем. В умовах реконструкції та модернізації важливим інструментом для підвищення ефективності проєктних рішень є впровадження BIM-технологій.

Розроблена BIM-модель на рівні LOD 200 для будинків включає базову геометрію будівлі, технічні параметри конструктивних елементів, а також загальні характеристики інженерних мереж. Модель створена у форматі IFC (Industry Foundation Classes), що забезпечує універсальність і можливість інтеграції в різні програмні середовища та відкриті бази даних. Формат IFC дозволяє передавати інформацію між учасниками проєкту, архітекторами, інженерами та муніципальними органами, забезпечуючи сумісність і точність даних.

BIM-модель надає можливість аналізувати технічний стан будівлі, виконувати розрахунки енергоефективності та моделювати сценарії реконструкції. Після інтеграції у відкриті бази даних містобудівної документації модель слугує єдиним інформаційним ресурсом для моніторингу об'єкта, планування ремонтних робіт та ухвалення управлінських рішень. Вона дозволяє швидко оновлювати дані про будівлю, що особливо важливо в умовах реконструкції територій, де потрібно враховувати актуальні зміни й адаптувати проєктні рішення до реальних умов.

Таким чином, використання BIM-моделей у форматі IFC забезпечує прозорість, доступність та ефективність роботи над реконструкцією будинків, а також інтеграцію об’єктів у загальну систему цифрового містобудівного планування. Це створює основу для подальшої деталізації проєктів, розрахунків ресурсів та їх реалізації з мінімізацією витрат і часу [11].

ВИСНОВОК

Проведене дослідження та розробка проєктних рішень реконструкції будинків серій 1-464А-1 та 1-438-6 із застосуванням BIM-технологій дозволили системно підійти до вирішення проблем застарілої забудови та створити перспективні підходи для модернізації житлового фонду в Україні. З огляду на сучасні виклики, які включають технічний стан будівель, енергоефективність, забезпечення інклюзивності та обмежені ресурси в умовах воєнного стану, було обґрунтовано необхідність застосування інноваційних методів, що дозволяють підвищити ефективність реконструктивних заходів.

Одним із ключових етапів дослідження стало впровадження BIM-моделі на рівні LOD 200. Створена цифрова модель включає геометричні характеристики будівлі, основні конструктивні елементи та базову інформацію про інженерні системи, що дозволяє аналізувати технічний стан об'єкта, планувати необхідні заходи з модернізації та контролювати виконання робіт. Формат IFC, у якому була створена модель, забезпечує універсальність даних і їхню інтеграцію у відкриті бази містобудівної документації, що дозволяє залучати різні сторони проєкту до ефективної співпраці.

Особлива увага приділялася модернізації прибудинкової території будівель, що включала розробку проїздів для маломобільних груп населення. Передача частини прибудинкової території у приватну власність мешканцям квартир перших поверхів створила необхідність розробки компромісних рішень для забезпечення функціонального балансу між приватним і загальнодоступним простором. Проєктування проїздів і пішохідних шляхів було здійснено з урахуванням обмежених ресурсів та мінімальних стандартів доступності, що включає плавні пандуси, достатню ширину проходів та антиковзке покриття. У результаті прибудинковий простір став функціональним, доступним та адаптованим для всіх категорій населення.

На основі аналізу досвіду інших країн, зокрема Німеччини, Норвегії, Ізраїлю та Естонії, було визначено, що впровадження BIM-технологій у реконструкції є не лише ефективним методом планування, але й обов'язковою умовою для цифрової

трансформації містобудівного процесу. У Німеччині, наприклад, завдяки BIM-моделям здійснюється оптимізація ресурсів та управління реконструкцією будівель серійної забудови. У Норвегії успішно розвивається концепція "Twin City", де цифрові близнюки будівель дозволяють моделювати інфраструктуру у реальному часі. Ці інновації створюють передумови для адаптації подібних підходів в Україні, що забезпечить підвищення точності реконструктивних робіт та ефективність використання ресурсів.

Важливим аспектом реконструкції є також забезпечення інклюзивності. Рішення про об'єднання квартир та перепланування житлового простору сприяє підвищенню доступності будівель для маломобільних груп населення та створенню комфортних умов проживання. Такий підхід враховує європейські стандарти та забезпечує гармонійний розвиток територій із урахуванням потреб усіх категорій мешканців.

Таким чином, впровадження BIM-моделей у реконструкцію будинків серій 1-464А-1 та 1-438-6 дозволяє вирішити низку проблем, пов'язаних із технічним зносом, енергоефективністю та інфраструктурною застарілістю. Використання цифрових моделей у форматі IFC забезпечує прозорість процесу реконструкції, спрощує обмін інформацією між учасниками проєкту та сприяє інтеграції об'єктів у систему відкритих даних містобудівного планування. Розроблені рішення, орієнтовані на функціональне використання простору та інклюзивність, можуть стати основою для модернізації застарілої житлової забудови в Україні, навіть за умов обмежених ресурсів.

Загальна стратегія, що поєднує інноваційні підходи, досвід інших країн та сучасні технології, демонструє ефективність BIM-проєктування як інструменту для підвищення якості житлового середовища. Використання цього методу в українських реаліях дозволить не лише оновити житловий фонд, але й закласти основи для подальшої цифрової трансформації містобудівної галузі, сприяючи сталому розвитку та підвищенню комфорту для громадян.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. "Опис житлових будинків Києва" [Електронний ресурс]. – URL: https://my-realty.kiev.ua/houses/kyev-1/ (дата звернення: 18.12.2024).

2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. Київ: Мінрегіон України, 2021. – 58 с.

3. Коваль С.П. Модернізація багатоквартирних будинків з підвищенням показників енергоефективності. Київ: Будівельник, 2020. – 132 с.

4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціювання. Київ: Мінрегіон України, 2013. – 110 с.

5. Павлючик В.А. Сучасні підходи до реконструкції інженерних систем у житлових будинках. Харків: Видавництво НТУ «ХПІ», 2021. – 98 с.

6. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, 2019. – 75 с.

7. Новосад І.Г. Реконструкція житлових будівель серійної забудови як складова сталого розвитку. Львів: ЛНУ, 2019. – 144 с.

8. ДСТУ EN ISO 19650:2020. Організація та оцифрування інформації в BIM-процесах. Київ: Держстандарт України, 2020. – 65 с.

9. Берестецький А. Новітні BIM-технології в будівництві. Одеса: Техноцентр, 2022. – 156 с.

10. Smith P., Jones R. BIM for Smart Cities and Urban Development // Journal of Building Information Modeling. 2020. – №3. – P. 21–33.

11. Autodesk Revit Official Guide. Робота з файлами IFC та RVT у BIM-середовищі. Autodesk Documentation, 2021. – [Електронний ресурс]. URL: https://www.autodesk.com (дата звернення: 18.12.2024).

12. Pavliuk V. 7D BIM у реконструкції міських територій // Сучасні технології будівництва. 2021. – №4. – С. 12–20.

13. Sustainable Renovation of East German Plattenbau // Journal of Sustainable Urban Development, 2020. – Vol. 12. – P. 45–56.

14. Bardet L. Renovating Social Housing in Paris // Urban Studies Journal. 2018. – №5. – P. 78–90.

15. Nowak P. Post-Soviet Housing Renovation in Poland // Polish Architecture Review. 2019. – Vol. 3. – P. 32–41.

16. Passive House Renovation in Scandinavia // Nordic Energy Efficiency Journal. 2021. – №2. – P. 10–18.

17. Schmidt M. Wohnungsumbau in Ostdeutschland. Deutsche Architektur Verlag, 2018. – 156 S.

18. Modernization of Prefabricated Buildings in Germany // European Housing Studies Journal. 2021. – №7. – P. 65–78.

19. BIM for Urban Development in Scandinavia // Journal of Smart Cities. 2020. – №3. – P. 21–33.

20. Passive House Renovation in Sweden // Green Building Review. 2019. – №4. – P. 34–47.

21. Autodesk Revit Energy Analysis Guide. Autodesk Official Documentation, 2021. – [Електронний ресурс]. URL: https://www.autodesk.com (дата звернення: 18.12.2024).

22. Smart City Solutions for Copenhagen // Danish Urban Development Journal. 2021. – №5. – P. 12–25.

23. Integrating BIM and Lean in Construction // Israeli Construction Review. 2020. – №3. – P. 28–37.

24. Estonia's Digital Construction Revolution // Digital Infrastructure Journal. 2019. – №6. – P. 45–57.

25. Smart Cities and Digital Twins in Norway // Norwegian Urban Development Journal. 2021. – №4. – P. 14–26.

26. Tidhar Group Official Reports. Lean and BIM Integration in Israel, 2020. – [Електронний ресурс]. URL: https://www.tidhar.co.il (дата звернення: 18.12.2024).

27. Trondheim Digital Twin Project // Norwegian Smart Infrastructure Review. 2021. – №2. – P. 34–48.

28. Sustainable Infrastructure Management with Digital Twins // European Smart Cities Report. 2019. – №3. – P. 67–89.

29. Smart Infrastructure in Norway // Urban Technology Research. 2022. – №6. – P. 78–95.

30. Цифровізація будівництва в Україні: можливості та виклики // Будівельний вісник України. 2021. – №2. – С. 18–32.

31. Концепція впровадження технологій інформаційного моделювання у будівництві. Міністерство розвитку громад та територій України, 2020. – 40 с.

32. Технології BIM: бар'єри та перспективи в Україні // Журнал архітектурного планування. 2022. – №3. – С. 15–28.

33. Experience of BIM Implementation in Eastern Europe // Construction Innovation Journal. 2020. – №5. – P. 34–47.

34. BIM for Reconstruction and Smart Cities Development // Urban Digital Review. 2021. – №4. – P. 14–28.

35. Реконструкція житлових будівель у кризових умовах // Будівельний аналітичний журнал. 2022. – №5. – С. 10–18.

36. Економіка будівельної галузі під час воєнного стану // Журнал інфраструктурного розвитку. 2023. – №2. – С. 25–37.