

***МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»***

**ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИТЦВА ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ
КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, ГЕОТЕХНІКИ І ГЕОМЕХАНІКИ**



«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

МАТЕРІАЛИ

**18-ОЇ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ**

2 травня 2025 року

Дніпро 2025

УДК 69:622.012.002.2:622.268.13

П27

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Голова ГАПЄЄВ Сергій Миколайович, д.т.н., завідувач кафедри БГТГМ

Члени

оргокомітету: ХОЗЯЙКІНА Наталія Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри
БГТГМ

ОЛШЕВСЬКА Софія Олегівна, аспірант кафедри БГТГМ

П27 Перспективи розвитку будівельних технологій [Текст]: матеріали 18-ої всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 2 травня 2025 р. / редкол.: С.М. Гапєєв [та ін.] – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2025. – 75 с.

Подано результати наукових досліджень молодих учених, аспірантів і студентів у різних напрямках розвитку будівельних технологій, що були розглянуті на засіданні секції всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій».

Матеріали збірника призначено для наукових працівників, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів України.

УДК 69:622.012.002.2:622.268.13

© НТУ
«Дніпровська політехніка», 2025

ЗМІСТ

Яворська А. О., Іванова Г. П.

**ЗБЕРЕЖЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО КОДУ В АРХІТЕКТУРІ: ВІД
ТРАДИЦІЙ ДО СУЧАСНИХ ПРОЄКТІВ4**

Швець Д. Є., Чушкіна І. В.

**БУДІВНИЦТВО ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА РІЧЦІ ДНІПРО:
МАСИВИ-ГІГАНТИ ТА ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ.....9**

Чушкін А. С., Хозяйкіна Н. В.

**ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ ПІСЛЯ ВОЄННОГО ЗЛОЧИНУ:
АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ВИМІР12**

Ходус М. В., Єлісєєва М. О.

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ.....17

Тімченко О. М., Гапєєв С. М..

**ВПЛИВ ФОРМИ КОНТУРА ПРОФІЛІВ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВОЇ РАМИ
КРІПЛЕННЯ НА ЇЇ РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....22**

Олейниуов В. М., Брунеллі Р.

**ЗД-СКАНУВАННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ: СУЧАСНИЙ СТАН,
АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ27**

Негрей К. О., Олейников В. М.

**ІНТЕГРАЦІЯ ВІМ, VR І AR У БУДІВНИЦТВО: ШЛЯХ ДО ЦИФРОВОЇ
ТРАНСФОРМАЦІЇ ГАЛУЗІ31**

Малий Р. С., Іванова Г. П.

**ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ АРМАТУРНИХ СИСТЕМ У
КОНСТРУКЦІЯХ: ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ.....34**

Лазарєв Р. В., Брунеллі Р.

**ОБМЕЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ В МОДУЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ ЯК
ПРОБЛЕМА39**

Корж Д. В., Хозяйкіна Н. В.

**ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В МАСОВУ
ЗАБУДОВУ МІСТ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ
УКРАЇНИ42**

Зима Д. С., Повстенко К. М.

ПОВОЄННА ВІДБУДОВА УКРАЇНИ - МОЄ БАЧЕННЯ47

Воробйова І. Ю.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА ТА МОДУЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....53

Брунеллі Р., Лазарєв Р. В.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ КОШТОРИСІВ ЗАСОБАМИ ВІМ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ЗМЕНШЕННЯ КОРУПЦІЙНИХ РИЗИКІВ У БУДІВНИЦТВІ57**

Drahan M. D., Lysenko O. G.

INTEGRATION OF LSCs INTO NEW AND EXISTING BUILDINGS61

Назаренко Я. С., Хозяйкіна Н. В.

**РЕГЕНЕРАЦІЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ: ЯК АРХІТЕКТУРА МОЖЕ
ВІДПОВІДАТИ ВИМОГАМ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ УГОДИ65**

Саєнко В. Д., Гапєєв С М.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У
БУДІВЛЯХ71**

УДК 72.01:624

Яворська А. О., студент групи 192-22ск-1

Науковий керівник: Іванова Г. П., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

м. Дніпро, Україна

ЗБЕРЕЖЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО КОДУ В АРХІТЕКТУРІ: ВІД ТРАДИЦІЙ ДО СУЧАСНИХ ПРОЄКТІВ

Національний код в архітектурі та будівництві - це вираження культури народу через форми, стилі, матеріали та символи, які впізнавані та характерні саме для цієї нації. Збереження ідентичності це - протидія уніфікації, що допомагає зберегти унікальність у глобалізованому світі; передача культурної спадщини наступним поколінням; формування впізнаваності образу України у світі.

Існують дослідження, які аналізують, як впізнаваність архітектурного стилю впливає на сприйняття країни та її культурної ідентичності. Дослідження проводились на прикладі м. Львів:

1. Медійність архітектурних об'єктів Львова. У дослідженні, проведеному у Львові, було проаналізовано сприйняття мешканцями міста архітектурних об'єктів з точки зору їхньої медійності. Результати показали, що об'єкти з виразним національним стилем викликають більше позитивних емоцій та асоціюються з культурною ідентичністю міста (рис.1).

2. Форма як психологічний чинник сприйняття. Інше дослідження підкреслює, що форма архітектурного об'єкта значно впливає на його сприйняття. Зокрема, архітектурні форми, які відображають національні традиції, можуть посилювати відчуття приналежності та гордості за свою культуру.

Хоча відкритих опитувань на тему впізнаваності архітектурного стилю та його впливу на сприйняття країни обмежено, наявні дослідження свідчать про важливість національного стилю в архітектурі для формування культурної ідентичності та позитивного ставлення до країни.

Проблематика сьогодення в ідентичності споруд.

Знецінення національних форм у новобудовах. Сучасні житлові комплекси часто зводяться за типовими проектами без урахування історичного контексту чи регіональної ідентичності. Це призводить до втрати відчуття приналежності та культурного образу міста.

Копіювання іноземних зразків без адаптації. Архітектори іноді просто переносять західні чи азійські моделі в український простір, не враховуючи клімат, матеріали, соціальні потреби. В результаті - дисгармонія з середовищем

та втрата локальної унікальності. Це також проблема для доцільності будівництва, та нехтування особливостями умов.

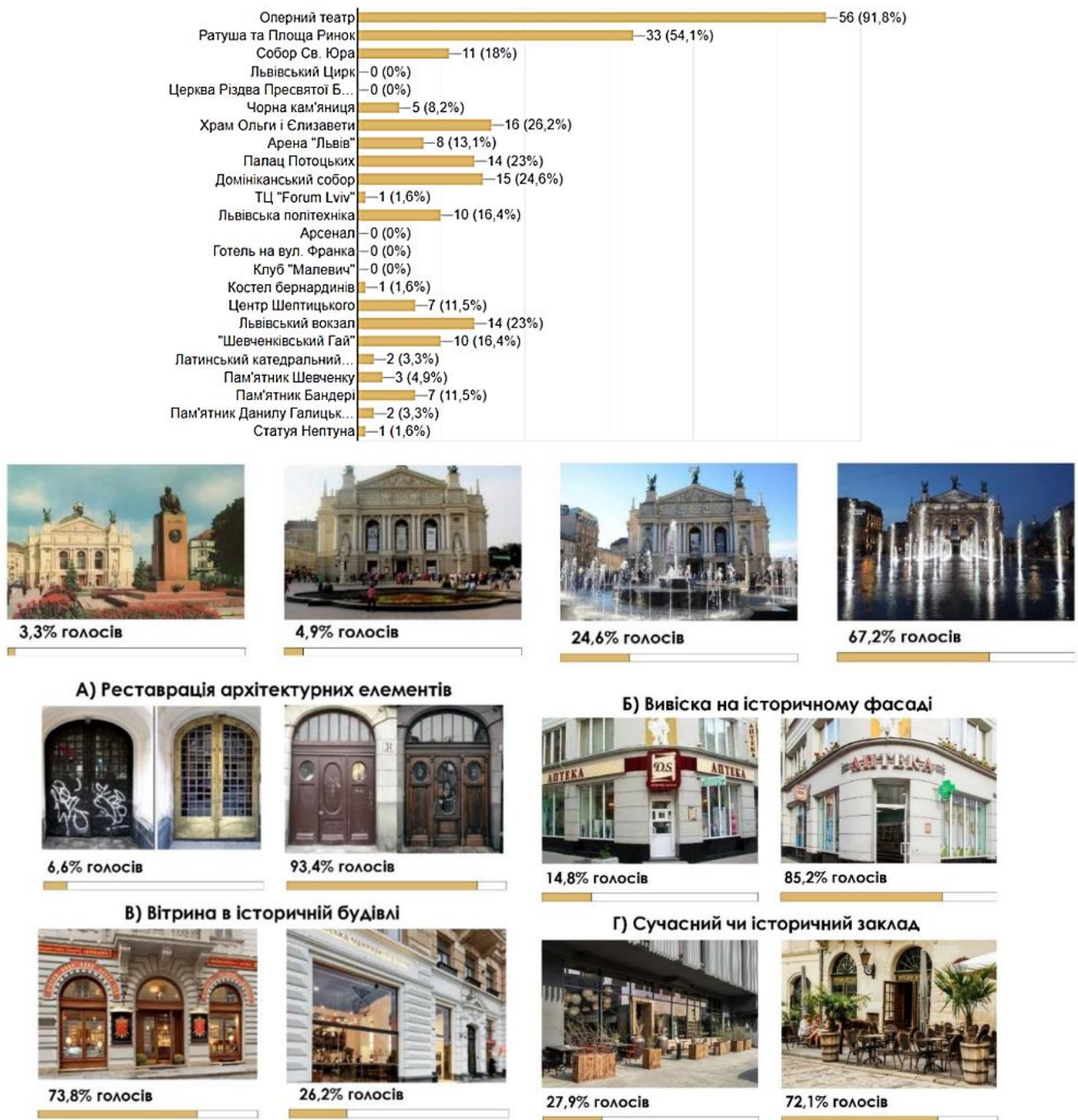


Рис.1 – Результати опитування за темою медійності архітектурних об'єктів Львова. Опитування, щодо виявлення об'єкту, який має найбільше значення. Порівняння варіантів площі перед театром. Порівняння медійності різних варіантів архітектурного середовища Львова

Втрата локальних ремесел і народних технологій. Із розвитком масового будівництва традиційні ремесла (гончарство, теслярство, художнє різьблення) майже зникли. Це не лише культурна, а й економічна втрата, бо втрачається цілий пласт знань і навичок.

Урбанізація - забудова без «обличчя». Міста стрімко зростають, але часто хаотично. Нові райони не мають естетичної унікальності, комфортного середовища чи зв'язку з історичним контекстом, що знижує якість життя та відчуття «дому».

Алгоритм створення україно-ідентичної сучасної споруди, зони, малої архітектурної форми наступний:

1. Аналіз місця та історії. Дослідження ландшафту, клімату, подій і функцій простору.

2. Вивчення локальної спадщини. Народна архітектура, ремесла, декоративні традиції регіону.

3. Ідея: архетипи, образи, символіка. Формування ідеї через знайомі символи - хата, хрест, дерево життя.

4. Вибір матеріалів «традиційні та сучасні». Дерево, глина, камінь з бетоном, склом, металом.

5. Просторове вирішення у стилі «українського дому». Центральний двір, відкрита тераса, затишок і взаємозв'язок із природою.

6. Візуальні елементи - різьба, орнамент, гама. Петриківка, геометричні мотиви, колірні коди української культури.

7. Енергоефективність. Пасивний обігрів, утеплення, натуральне освітлення.

8. Взаємодія з громадою. Простори для спілкування, участь мешканців у створенні локації.

9. Соціальна цінність. Архітектура як міст між минулим, теперішнім і майбутнім - збереження ідентичності.

Створювати україно-ідентичні локації сьогодні - виклик, але цілком реальний. Ось основні труднощі та способи їх подолання:

Відсутність чітких сучасних стандартів «українського стилю». Складність: Архітектори часто не мають чіткої бази або стилістичного словника, як виглядає сучасна українська архітектура. Є страх скотитися в «шароварщину». Рішення: Створення кейсів, каталогів, референсів. Співпраця з культурологами, етнографами. Вивчення локальних традицій не як «декору», а як основи філософії проєкту.

Комерційний тиск і шаблонні рішення. Складність: Девелопери часто орієнтуються на швидкість і прибуток. Застосовують типові іноземні шаблони, які «продаються». Рішення: Довести, що етнічна впізнаваність - цінність, яка може підвищити унікальність і привабливість об'єкта. Ввести україно-ідентичні рішення вже на етапі концепції, не як «додаток».

Втрата традиційної будівельної школи. Складність: Багато майстрів ремесел або зникли, або не передали свої знання. Матеріали типу соломи, дерева - не завжди відповідають нормам. Рішення: Сучасна інтерпретація ремесел (наприклад, 3D-фрезерування замість ручного різьблення). Відродження навчальних програм у ЗВО та ПТУ. Співпраця з етнографічними музеями та ремісниками.

Урбанізація та тиск містобудівних норм. Складність: Міста ростуть швидко, архітектурна «українськість» іноді здається зайвою в умовах бетонної «гонки». Рішення: Навіть у щільній забудові можна вписувати етнічні мотиви у фасади, благоустрій, малу архітектурну форму. Впроваджувати «культурні коди» у публічний простір - лавки, ліхтарі, мозаїки, назви вулиць.

Байдужість або скепсис до теми. Складність: Частина населення або інвесторів не вбачає сенсу в національній ідентичності, сприймаючи її як щось застаріле. Рішення: Комунікація через приклади - «українське може бути стильним». Візуалізації, пілотні проєкти, медійна присутність. Пояснення, як національний стиль - це також економіка, туризм, гордість, цінність бренду країни.

Висновок. Створити справді сучасну українсько-ідентичну архітектуру можливо, якщо діяти з розумінням, повагою до спадщини та сучасною мовою дизайну. Це не завжди просто - але саме в цьому й полягає творча сила архітектора, майстерність будівельника й влучне рішення інженера.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гнідець Р. Б. Національна ідентичність архітектури українських церков у традиції та новаторстві їх вираження // Збірник наукових праць Національного університету «Львівська політехніка». 2015. С. 168–169. URL: <https://goo.su/nQDr>
2. Черкес Б., Дячок О., Гернік Ю. Теоретичні дослідження ідентичності в сакральній архітектурі України // Архітектурні дослідження. 2024. Т. 10, № 1. С. 58–68. DOI: 10.56318/as/1.2024.58. URL: <https://goo.su/0SzDU8>
3. Дида І. Концепція традиційної архітектури в аспекті збереження ідентичності сучасного архітектурного простору в Україні // Архітектурні дослідження. 2015. Т. 1, № 2. С. 49–56. URL: <https://goo.su/YaH1j>
4. Черкес Б. Нематеріальні чинники в архітектурі як фактор впливу на національну ідентичність // Збірник наукових праць Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Архітектура між демократією та тоталітаризмом у XX – на поч. XXI ст. Львів: НУ «ЛП», 2003. Т. 1. С. 71–91. URL: <https://goo.su/XgZ7SSk>
5. Громадська спілка «Українська архітектурна ідентичність» [Електронний ресурс]. URL: <https://www.uarchid.com/>

6. Левчук І. В. Традиція та ідентичність в новій українській архітектурі // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2023. № 63. С. 228–242. DOI: 10.32347/2077-3455.2023.63.228-242.
7. ДСТУ Б А.2.2-6:2016. Проектування. Правила виконання та подання проектної документації. Київ: Національний орган стандартизації, 2016. 36 с.

УДК 627:477.63

Швець Д. Є., студент групи 194-24-1

Науковий керівник: Чушкіна І. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

*Національний технологічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

БУДІВНИЦТВО ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА РІЧЦІ ДНІПРО: МАСИВИ-ГІГАНТИ ТА ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ

Річка Дніпро є ключовою транспортною та водогосподарською артерією України, що вимагає постійного вдосконалення берегозахисної та причальної інфраструктури. Зростання індустріального навантаження, інтенсивність судноплавства та потреба у зміцненні берегів обумовлюють важливість застосування ефективних інженерних рішень, серед яких особливе місце займає використання масивів-гігантів при будівництві гідротехнічних споруд.

Гідротехнічні споруди класифікуються за функцією: захисні, регулюючі, транспортні, берегозахисні. До об'єктів, що потребують особливої уваги на річках зі змінною глибиною, належать: причальні споруди; огорожувальні конструкції; берегоукріплювальні системи.

Будівництво на великих глибинах потребує складних технологічних рішень, зокрема створення масивних бетонних основ – масивів-гігантів.

Масиви-гіганти - це великогабаритні бетонні блоки, що виконують роль основи для гідротехнічних споруд (рис.1, 2).

Конструктивні особливості: прямокутна або трапецієподібна форма; наявність внутрішніх камер або отворів для полегшення монтажу; арматурний каркас зі сталі класу А500; обробка антикорозійними матеріалами.

Бетонна суміш готується за спеціальними рецептурами, які враховують умови високої вологості, змінних температур та впливу агресивного водного середовища. Їх переваги:

- висока стійкість до гідродинамічних навантажень;
- можливість використання на глибоководних ділянках;
- ефективна адаптація до рельєфу дна.

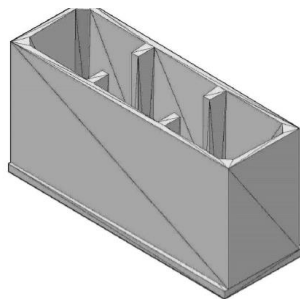


Рис.1 – Схематичне зображення масиву-гіганта

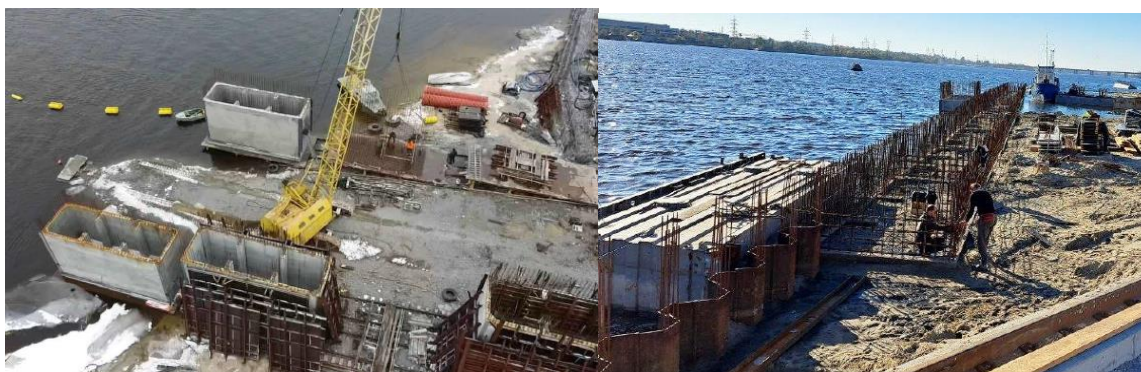


Рис. 2 – Зовнішній вигляд встановлених масивів-гігантів

Вони монтуються за допомогою плавучих кранів або занурювальних платформ з подальшою фіксацією у ґрунті. Під час встановлення масив точно позиціонується за допомогою направляючих та стабілізується шляхом часткового занурення у підготовлений ґрунт дна [1,2].

Етапи облаштування:

1. Підготовка дна - очищення від мулу та вирівнювання.
2. Монтаж масивів - занурення та точне позиціонування.
3. Обриштовка - укріплення металевими каркасними конструкціями.
4. Ущільнення - заповнення внутрішніх порожнин піском, добутим з дна, змішаним із гіпсом.
5. Формування огорожувальних елементів - встановлення надводних конструкцій.

Таке поєднання матеріалів забезпечує довговічність і надійність. А саме, ця технологія дозволяє ефективно функціонувати причальним і захисним об'єктам протягом десятків років, навіть у складних умовах річкового середовища.

У місті Дніпро успішно реалізовано проєкт з використанням масивів-гігантів. Причальні споруди на різних глибинах річки були зміцнені за допомогою цієї технології, що значно покращило експлуатаційні характеристики гідротехнічних об'єктів і зменшило ризики підмиву та руйнування (рис.3).



Рис. 3 – Гідротехнічне будівництво з використанням масивів-гігантів

Використання локального піску як наповнювача знижує витрати на транспортування та зменшує вплив на довкілля. Гіпс є екологічно безпечним в'язучим матеріалом. Загалом, дана технологія є прикладом раціонального природокористування.

Гідротехнічне будівництво з використанням масивів-гігантів є перспективним напрямом для України, зокрема на річці Дніпро. Такий підхід дозволяє поєднати інженерну ефективність із природною адаптацією до умов річкових середовищ.

Такі проєкти стали прикладом раціонального інженерного підходу та є основою для модернізації річкових портів України.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 38 с.
2. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – К. : Мінрегіон України, 2010. – 91 с.

УДК 711:69.003

Чушкін А. С., студент групи 192-24-2,
Науковий керівник: Хозяйкіна Н. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ
*Національний технологічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ ПІСЛЯ ВОЄННОГО ЗЛОЧИНУ: АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ ВИМІР

Вступ: масштаби руйнувань та виклики. Російська агресія проти України спричинила катастрофічні наслідки для цивільної інфраструктури. Станом на початок 2025 року зруйновано або суттєво пошкоджено понад 200 тисяч об'єктів цивільної інфраструктури, серед яких - житлові будинки, школи, лікарні, культурні пам'ятки. Ці дії мають ознаки воєнних злочинів згідно з нормами міжнародного права. Водночас, відновлення зруйнованого стає справою не лише технічного чи економічного значення, а й морального обов'язку, символом національної єдності та відродження. Цей процес вимагає комплексного підходу - від юридичної оцінки шкоди до застосування сучасних технологій будівництва, міжнародного фінансування та участі громад.

У зв'язку з цим питання ефективного та своєчасного відновлення об'єктів цивільної інфраструктури постає як ключове у повоєнній реконструкції країни.

Перед архітекторами й інженерами стоїть складне завдання - не просто повернути довоєнний стан, а створити нову, безпечну, енергоефективну та сталу інфраструктуру з урахуванням сучасних викликів. Але, відновлення має здійснюватися за чітко визначеними пріоритетами: об'єкти критичної інфраструктури - лікарні, школи, енергетичні вузли; житлові будинки - особливо у зонах активного повернення населення; історичні та культурні об'єкти національного значення [1-3].

До основних етапів відновлення відносяться:

1. Проведення технічного обстеження пошкоджених споруд.
2. Демонтаж аварійних конструкцій.
3. Розробка нових проєктів або адаптація старих з урахуванням сучасних будівельних норм.
4. Будівельно-відновлювальні роботи з використанням місцевих ресурсів та матеріалів.

Процес відновлення стикається з такими труднощами як обмежене фінансування, дефіцит будівельних матеріалів і кваліфікованих спеціалістів, мінна небезпека на територіях забудови [4].

Архітектурні підходи до реконструкції. Один із ключових принципів,

що визначає сучасну відбудову, - «Build Back Better» («Відбудувати краще»). Йдеться про те, щоб не лише відновити фізичну оболонку міст, а й покращити якість життя мешканців. Архітектурні підходи тепер орієнтуються на комфортну щільність забудови, функціональність, інклюзію та стійкість.

Нові мікрорайони, які замінюють зруйновані, повинні включати громадські простори, зелені зони, просту логістику для транспорту, пріоритет пішоходам і велосипедистам. Крім того, важливим аспектом є збереження культурного коду - там, де це можливо, відбудова відбувається із реставрацією фасадів і реконструкцією історичних будівель.

Водночас нове покоління архітекторів пропонує свіжі, модерністські рішення, що враховують досвід війни - такі як захищені простори в будинках, можливості автономного функціонування на випадок надзвичайних ситуацій (енергетична, водна, харчова автономія).

Будівельна інженерія: конструктивні рішення. Інженерна складова відновлення є критично важливою, адже йдеться про оцінку реального стану конструкцій і прийняття рішень - від ремонту до повної демонтажної заміни. Сучасні методики обстеження, включаючи неруйнівний контроль, лазерне сканування та аналіз мікротріщин, дозволяють точно виявити ступінь ушкоджень.

Використання сучасних матеріалів значно прискорює процес відбудови. Серед них - збірні залізобетонні блоки, швидкозбірні каркасні системи, дерев'яні модулі, сендвіч-панелі. Такі рішення дозволяють створювати якісне житло навіть в умовах дефіциту ресурсів.

У проектуванні нових споруд дедалі частіше враховують антисейсмічні та вибухостійкі властивості, адаптуючи конструкції до потенційних загроз. Поширеними стають будівлі з монолітними каркасами та багатошаровими огорожувальними конструкціями з підвищеною теплозвукоізоляцією.

Цифрові технології та BIM-моделювання. Цифрова трансформація будівництва є потужним інструментом у процесі відбудови. Одним із ключових елементів є BIM (Building Information Modeling) - система інформаційного моделювання будівель, яка дозволяє координувати проєктувальників, кошторисників, будівельників і експлуатаційників у єдиному середовищі.

BIM допомагає уникати помилок, дублювання роботи та оптимізувати витрати на всіх етапах. Застосування дронів і лазерного сканування для збирання геоданих пришвидшує етап обстеження. Також тестуються технології 3D-друку для створення тимчасового житла - особливо в зонах із масовими руйнуваннями.

Додатково створюються платформи відкритих даних про пошкодження, на яких архітектори, органи влади та міжнародні партнери координують свої зусилля в режимі реального часу.

Нормативна база та стандарти. Наявні будівельні норми України

(ДБН) були розроблені без урахування умов повномасштабної війни. Сьогодні виникає нагальна потреба оновити нормативну базу з акцентом на:

- безпеку конструкцій у разі обстрілів або підвищених навантажень;
- інклюзивність середовища (забезпечення повного доступу для людей з інвалідністю);
- енергоефективність, зокрема з урахуванням можливих перебоїв у постачанні енергії;
- екологічні стандарти (використання перероблених матеріалів, мінімізація вуглецевого сліду).

Україна активно співпрацює з міжнародними експертами - зокрема з UNDP, Європейським банком реконструкції та розвитку, USAID - задля адаптації своїх норм до сучасних викликів.

Проблеми реалізації і логістики. Однією з найсерйозніших проблем у реалізації відновлювальних проєктів є брак кваліфікованих кадрів. Багато інженерів, будівельників і проєктантів були змушені залишити країну або залучені до фронтових потреб. Крім того, постає питання безпеки будівництва - чимало територій залишаються замінованими, а логістика у прифронтових регіонах ускладнена.

Порушені ланцюги постачання матеріалів і обладнання також впливають на строки й вартість робіт. У відповідь держава стимулює локальне виробництво будматеріалів, а також спрощує регуляторні процедури для імпорту критично важливих ресурсів.

Роль громад і участь населення. Громадська участь стала важливим чинником успішної відбудови. У багатьох громадах мешканці беруть участь у плануванні майбутніх мікрорайонів, вказуючи на потреби, які не були враховані до війни - наприклад, створення укриттів, доступ до медичної допомоги чи транспортної інфраструктури.

Приклади реалізованих або пілотних проєктів. Серед прикладів успішної реконструкції - оновлення шкіл в Ірпені, житлових будинків у Бородянці, реконструкція об'єктів в Харкові. Ці проєкти реалізуються за підтримки міжнародних донорів і включають енергоефективні технології, системи вентиляції, утеплення та сонячні панелі [5].

У Львівській і Закарпатській областях запущені пілотні проєкти зі створення модульних сіл для переселенців, що забезпечують базові стандарти безпеки і комфорту. Держава також започаткувала програму «Велике відновлення», яка передбачає систематичну реконструкцію ключових об'єктів інфраструктури.

Наприклад в м. Дніпро можна відзначити активні зусилля щодо відновлення пошкоджених об'єктів. Зокрема, після ракетних ударів були проведені відновлювальні роботи в адміністративних будівлях на проспекті Гагаріна, а також відремонтовані житлові будинки в районі вул. Робочої, Героїв Крут. Частину пошкоджених шкіл та лікарень, як-от школа № 62, було

відновлено з урахуванням вимог енергоефективності та облаштовано укриття для безпеки учнів (рис. 1).

Будинок на вулиці Енеїди: 23 лютого 2024 року в багатоповерхівку влучив дрон-камікадзе, пошкодивши 72 квартири та два під'їзди. Відновлювальні роботи розпочалися в червні 2024 року. У процесі ремонту були відновлені конструкції будівлі та покрівля. Особливістю цього проєкту стало залучення першого в Україні «Жіночого будівельного батальйону», який допомагав у внутрішніх роботах, таких як шпаклювання стін, укладання плитки та поклейка шпалер.



Рис.1 – До та після відновлення житлового будинку в м.Дніпро

Будинок на вулиці Калиновій, 100-А: Після обстрілу будівлі було не лише відновлено конструкції, але й створено мурал із зображенням лелек на фасаді. Цей арт об'єкт став частиною програми відновлення будівель, які постраждали від російських обстрілів, реалізованої міською радою за підтримки мешканців.



Рис.2 – Відновлення будинку на вулиці Калиновій в м. Дніпро

Висновки і стратегія на майбутнє. Відновлення України - це не лише виклик, але й шанс переосмислити підходи до архітектури, урбаністики та інженерії. Сучасне будівництво має стати прикладом сталого розвитку, де кожен об'єкт - це не просто стіна і дах, а відповідь на потреби людей, безпеку, комфорт і гідність.

Для цього потрібна інтеграція зусиль держави, інженерної спільноти, архітекторів, громадянського суспільства та міжнародних партнерів. Лише разом ми зможемо збудувати Україну нової якості - безпечну, стійку і живу.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://hmarochos.kiev.ua/2025/03/17/prirva-mizh-ukrayinoyu-ta-yevropoyu-problemy-arhitekturnoyi-osvity-v-ukrayini-ta-yak-yih-mozhna-vyrishyty/>
2. Електронний ресурс: <https://pragmatika.media/u-re-herit-vriatuvaty-arkhitekturu-spadshchynu-ukrainy-razom/>
3. Електронний ресурс: <https://www.facebook.com/100069468306230/posts/345522964262047/>
4. Електронний ресурс: <https://gre4ka.info/zhyttia/68636-yak-vidbudovuvaty-ukrainski-mista-pislia-peremohy-idei-arkhitektoriv/>
5. Сучасні виклики архітектури та будівництва : матеріали Студентського наукового симпозиуму (Івано-Франківськ, 5 листопада 2024 р.) / ЗВО «Університет Короля Данила». – Івано-Франківськ : Редакційно-видавничий відділ ЗВО «Університет Короля Данила», 2024. – 112 с.

УДК 69:502/504

Ходус М. В., студент групи 192м-24-1

Єлісєєва М. О., к.т.н., старший викладач кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

м. Дніпро, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Для швидкого та успішного євроінтеграційного руху України вже давно стало питання необхідності переходу країни від моделі лінійної економіки до прогресивної концепції циркулярної економіки із замкнутим циклом, яка в останні десятиріччя успішно реалізується країнами Європейського Союзу. Неодмінною умовою даної концепції є максимальне використання будь-яких відходів, в тому числі і будівельних. Циркулярна економіка або економіка замкненого циклу є моделлю економічного розвитку, що ґрунтується на принципах відновлення та ефективного використання ресурсів і виступає альтернативою традиційній лінійній економіці. Її суть полягає у впровадженні нових економічних підходів, спрямованих на зменшення негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище [1, с. 9].

Багато країн Світу, які мають розвинену економіку та законодавство в сфері екології, фокусуються на повторному використанні та рециклінгу будівельних відходів. У Європейському Союзі з 2018 року показник переробки будівельних відходів становить 88 %.

Законодавство Європейського Союзу спрямоване на забезпечення екологічно безпечного поводження з будівельними відходами та сприяння економіці замкненого циклу.

За даними [2], відходи будівництва та відходи від знесення будівель становлять більше третини всіх відходів, що утворюються в Європейському Союзі. Вони містять широкий спектр матеріалів, таких як бетон, цегла, дерево, скло, метали та пластик. Сюди входять усі відходи, утворені в результаті будівництва та знесення будівель та інфраструктури, а також при плануванні і обслуговуванні доріг. З іншого боку, саме будівельний сектор при гармонійній організації процесу може стати і найбільшим споживачем промислових відходів, які у світовому вимірі вже давно розглядаються не як непотрібні відходи, а як цінний продукт – вторинні мінеральні ресурси.

Деякі компоненти відходів від знесення будівель мають високу ресурсну цінність, тоді як інші можуть мати нижчу цінність, але все одно можуть бути легко перероблені в нові продукти або матеріали. Технологія розділення та утилізації будівельних відходів і відходів знесення добре налагоджена, легкодоступна і загалом недорога.

Незважаючи на даний потенціал, рівень вторинної переробки та утилізації будівельних відходів і відходів від знесення в Україні становить менше 10 %, при тому що промислові потужності дозволяють переробляти біля 80 – 85 % відходів [3, с. 136]. В більшості країн Європейського Союзу цей відсоток є значно вищим і подекуди досягає 90 %. Суттєвим недоліком є те, що країни Європейського Союзу застосовують різні визначення для відходів будівництва та відходів знесення, що значно ускладнює порівняння між країнами.

Будівельні відходи мають широке застосування в різних сферах: їх використовують як заповнювачі в бетонних сумішах, як сировину для щебенево-піщаних сумішей для влаштування шарів основи та покриття дорожнього одягу без використання в'язучих; влаштування насипів автомобільних доріг; сировину для виробництва порошкоподібних наповнювачів для виробництва стінових блоків і сухих будівельних сумішей; матеріали для зворотного заповнення; при облаштуванні спортивних об'єктів, зведенні шумозахисних бар'єрів, укріпленні берегової лінії річок, а також у виробництві штучного каменю тощо. Залучення відходів до повторного використання суттєво зменшує навантаження на полігони твердих побутових відходів та сприяє зниженню негативного впливу на довкілля.

Вартість утилізації будівельних відходів залежить від низки факторів, а саме: від країни, типу відходів і розташування полігону. В країнах Європейського Союзу ціна за захоронення відходів на полігоні може варіюватися від 4 до 150 євро за тонну. В Україні середня вартість захоронення становить приблизно 90 грн за кубічний метр, що становить близько 2 євро за тонну. Тож утворювачам відходів економічно вигіднішим є вивезти їх на сміттєзвалище, аніж розробляти та впроваджувати новітні технології їх рециклінгу.

У розвинених країнах управління будівельними відходами жорстко регламентується нормативно-правовими актами. Такі регулювання передбачають обов'язкове сортування, облік та екологічно безпечну утилізацію залишків будівництва. Наприклад, у Нідерландах чинне законодавство забороняє вивіз на звалища будівельних матеріалів, які можуть бути перероблені; щороку в країні переробляється близько 22 мільйонів тонн таких відходів. У США, відповідно до законодавства окремих штатів, при зведенні будівель площею понад 500 м² необхідно переробляти щонайменше 50 % будівельного сміття [4].

У низці європейських країн, зокрема в Данії та Німеччині, на законодавчому рівні запроваджено вимогу щодо обов'язкового використання у новому будівництві визначеної частки матеріалів, виготовлених з перероблених відходів. В Австрії рівень перероблення будівельних і демонтажних відходів становить приблизно 87 %, що свідчить про високий рівень ефективності національної системи управління цими ресурсами.

Організація збору відходів зазвичай здійснюється безпосередньо на будівельному майданчику шляхом встановлення спеціалізованих контейнерів, обслуговуванням яких займаються компанії, що спеціалізуються на утилізації та демонтажі.

Найбільш жорсткі заходи щодо обмеження захоронення будівельних відходів реалізуються у Фландрії (Бельгія), де запроваджено прямі заборони на складування фракцій будівельних відходів, придатних для вторинної переробки. Така політика зумовлена високою густотою населення регіону та браком доступної площі на полігонах для захоронення відходів [3].

У деяких країнах встановлені економічні стимули, такі як податкові пільги або субсидії, для заохочення компаній до використання вторинних матеріалів та зменшення відходів або додаткові податки на використання неперероблених матеріалів. Наприклад, у Великій Британії податок на використання природних заповнювачів (піску, гравію, гірських порід) становить 1,6 фунта стерлінгів за тонну [4].

За даними джерел [2; 3; 5 - 8] розроблено таблицю 1, в котрій представлено порівняльний аналіз рівня рециклінгу будівельних відходів у різних країнах Світу.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз рівня рециклінгу будівельних відходів у різних країнах Світу

Країна/Регіон	Рівень рециклінгу будівельних відходів	Цілі/підходи
Європейський Союз	70 % у 2020 році	Максимальна мінімізація відходів, відсоток яких наближався б до нуля при максимальній ефективності використання кожного ресурсу шляхом запровадження економічних стимулів
Україна	6 % станом на 2023 рік	Гармонізація законів із законодавством Європейського Союзу у сфері управління та контролю відходів. Активна розбудова інфраструктури повторної переробки відходів
Китай	60 % у 2025 році	Зосереджено увагу на підвищенні ефективності використання ресурсів, розвитку галузі переробки та зменшенні утворення відходів

Сінгапур	99 % у 2023 році	Орієнтація на три складові циркулярної економіки, які отримали назву моделі 3R: remove (видалення), reuse (повторне використання), recycling (повторна переробка). Вивчають та розробляють нові способи замикання різних циклів ресурсів. Це включає вивчення використання змішаних матеріалів зі сміттєзвалища
Австралія	80 % у 2024 році	Використання спеціалізованих підприємств для сортування та переробки матеріалів, таких як бетон, метал, дерево та цегла
Південна Корея	87 % у 2020 році	Впровадження політики «нульових відходів» та системи оплати за обсягом викидів для стимулювання зменшення утворення відходів

Висновок. У країнах Центральної Європи та деяких розвинених країн Світу повторне використання будівельних відходів стало основним рушієм щодо трансформації будівельної індустрії та її перехід до сталої форми розвитку, що підтримується інноваційними проєктами, та фінансується Європейським Союзом та відповідними донорськими організаціями. Демонструючи потенціал перетворення відходів будівництва та відходів знесення на цінні ресурси, дані ініціативи сприяють розвитку циркулярної економіки. У пошуках оптимальних та інноваційних рішень, застосовуються різноманітні стратегії відновлення та рециклінгу будівельних відходів.

Низька частка вторинного використання та утилізації відходів в Україні зумовлена передусім економічною не вигідністю відповідних процесів. Зокрема, у сфері перероблення будівельних відходів, що утворилися внаслідок збройного конфлікту, близько 90 % фінансування потребує дотаційного покриття. Однією з найгостріших проблем залишається утилізація великої кількості відходів, пов'язаних із руйнуванням об'єктів житлової та критичної інфраструктури.

Отже, першочергово Україні для досягнення максимального рівня рециклінгу будівельних відходів слід гармонізувати своє законодавство із законодавством тих країн Європейського Союзу та Світу, де наявні високий рівень рециклінгу будівельних відходів та впроваджені успішні кейси їх повторного використання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Практичні аспекти управління відходами в Україні : посібник / Барінов М. О., Олексієвець І.Л., Родная Д.В., Журавель Т.В., Коломієць С.В., Козлова І.А., Пархоменко Г.П. – К.: «Поліграф плюс», 2021. – 118 с.
2. Електронний ресурс: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
3. Антонюк Н., Костюк В. Рециклінг будівельних відходів під час війни в Україні. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7. С. 130 – 142. URL: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-277-130-142>
4. Електронний ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-vikliki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html>
5. Електронний ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/China%27s_circular_economy?utm_source=chatgpt.com
6. Електронний ресурс: https://www.nea.gov.sg/our-services/waste-management/waste-statistics-and-overall-recycling?utm_source=chatgpt.com
7. Електронний ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_in_Australia?utm_source=chatgpt.com
8. Kim J. Construction and demolition waste management in Korea: recycled aggregate and its application. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2021. № 23(10). С. 2223 – 2234. URL: <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02177-x>

УДК 622.2

Тімченко О. М., аспірант, гр. 131А-23-10

Гапеев С. М., д.т.н., проф., завідувач кафедри БГТГМ

*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м. Дніпро, Україна*

ВПЛИВ ФОРМИ КОНТУРА ПРОФІЛІВ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВОЇ РАМИ КРІПЛЕННЯ НА ЇЇ РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Під терміном «несуча здатність R_n » (кН/раму) класично мається на увазі граничне вертикальне навантаження в жорсткому режимі роботи з блокованими вузлами піддатливості.

Несуча здатність ланок рами залежить від їхнього профілю, тобто від його форми, типорозміру і, як наслідок - механічних характеристик перерізу, а також від матеріалу виготовлення профілів, від якого залежить власне опір сталі руйнівній дії навантажень..

Оцінка впливу форми профілю зводиться до оцінки напружено-деформованого стану (НДС) однієї й тієї самої конструкції рами, навантаженої в одних і тих самих умовах, але виконаної з різних прокатних профілів.

Фахівцями НТУ «Дніпровська політехніка» було виконано широкий комплекс досліджень з визначення несучої здатності металевих піддатливого кріплення і різних конструкцій, і з різних сталей, і з варіацією форми профілю.

Під час досліджень використовувалися тривимірні чисельні моделі, що імітують реальну конструкцію рам (рис. 1). Елементи замків і з'єднання між собою ланок кріплення з'єднувалися фрикційним контактом.

Оцінювання робочих характеристик рамного кріплення, таких, як гранична несуча здатність і робочий опір, може здійснюватися по-різному.

У разі оцінки *граничної несучої здатності* логічним є приймати таку величину навантаження на раму, за якої відбувається руйнування матеріалу рами, тобто коли в сталі напруження досягають величин, що перевищують тимчасовий опір матеріалу. Разом з тим, така ситуація можлива в суцільній рамі, яка не має вузлів з'єднання елементів, тобто замкових з'єднань. У разі ж реальної рами замки будуть «слабкими ланками», які, як правило, виходять з ладу раніше, ніж у роботу включається тіло профілю..

Робочий опір оцінюють під час роботи рами в режимі піддатливості, коли приймають середні значення величин максимумів вимірюваних навантажень на раму в піддатливому режимі. Перехід до жорсткого режиму на фізичному стенді досягається шляхом обтиснення замків. У режимі цифрового моделювання таку процедуру без зупинки процесу розрахунку виконати неможливо, і навантаження відбувається в чисельній моделі навіть після перевищення чинним навантаженням тимчасового опору сталі не тільки замка,

а й тіла профілю. У таких умовах потрібен критерій, за яким можна оцінювати, чи залишається рама в працездатному стані або вже зруйнована.

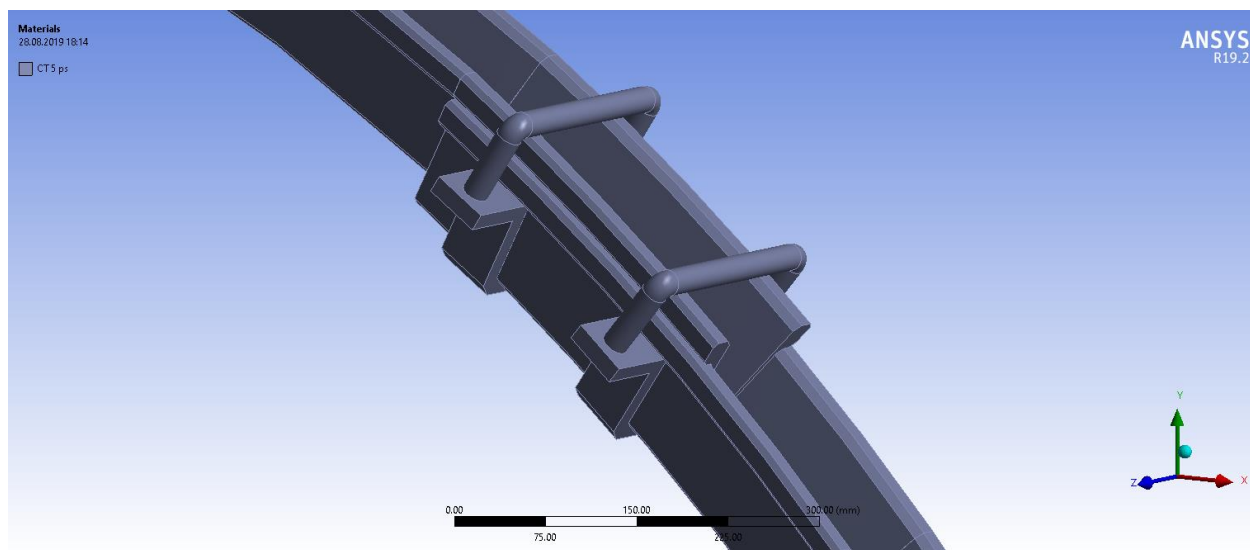


Рис. 1 – Просторова розрахункова схема (у середовищі розрахункового комплексу ANSYS Workbench) 3-х ланкового шатрового податливого кріплення КШПУМ-20,3

Таким критерієм у цих дослідженнях прийнято вихід з ладу замкових з'єднань - у разі виходу з ладу двох хомутів із трьох (під виходом з ладу мається на увазі перевищення діючими напруженнями в хомуті тимчасового опору матеріалу) або вихід з ладу одного з двох хомутів розцінюють як руйнування рами, його приймають за граничну несучу здатність конструкції рами із замками. Перехід із податливого режиму в жорсткий, якщо слідувати тій самій логіці, відбуватиметься за навантажень, за яких напруження в хомутах перевищуватимуть межу пружності сталі.

Для перевірки цього підходу було виконано порівняння показників роботи кріплення КШПУМ-20,3 зі сталі ст5пс, представлених виробником кріплення на офіційному сайті, і параметрів, отриманих у чисельному експерименті (табл. 1). Видно, що цей підхід виправданий - різниця між значеннями незначна і не перевищує 5%.

Для оцінки впливу форми форми профілю рами гірничого кріплення на її робочі характеристики виконано розрахунок методом скінченних елементів.

Порівнювали рами КШПУМ-20,3, виконані з профілю V36 зі сталі S550W (межа пружності - 550 МПа, тимчасовий опір - 730 МПа) і замком типу SDOD (SDOG) 36 (дві точки кріплення нахлеста) зі звичайним типовим кріпленням із СВП-33 (сталь ст5пс) і двома замками ЗПКм на нахлест. Результати представлені в табл. 2. Сюди ж для порівняння додано і результати розрахунку такої ж рами, але зі сталі 20Г2АФ та з трьома хомутами ЗПКм на замок.

Таблиця 1

Результати порівняльного оцінювання робочих характеристик кріплення

Параметр	За даними НТЦ «Геомеханіка»	З результатів чисельного розрахунку	Розбіжність, %
Робочий опір, кН/арку	300	305	1,7
Гранична несуча здатність, кН/арку	560	539	3,8

Таблиця 2

Результати розрахунків рам із різних сталей і профілів

Варіант (профіль, сталь)	Розрахункове граничне навантаження, т/м	Наведені напруження МПа	Розрахункова несуча здатність, т/арку	Різниця (база порівняння – V36)	
				т/арку	%
«за профілем»					
V36	14,31	730	130,5		
СВП-33, ст5пс	9,78	570	89,1	-41,4	-31,7
СВП-33, 20Г2АФ*	11,0	651	100,3	-30,2	-23,4
«за замками»					
V36	52,26	730	476,6		
СВП-33, ст5пс	5,91	570	53,9	-422,7	-88,9
СВП-33, 20Г2АФ*	6,11	651	55,7	-420,9	-88,3

Примітка: *– три хомути на замок

Як видно з наведених результатів, розрахункова несуча здатність у режимі «за профілем» у разі конструкції, що ґрунтується на профілі V36 із відповідної сталі, на 31,7% вища, ніж у разі застосування звичайного кріплення зі сталі ст5пс, і 23,4%, ніж для сталі 20Г2АФ.

У разі ж оцінки в режимі «за замками», розглянуті в розрахунках замки типу SDOD (SDOG) 36, стандартні для рам із профілю V36, забезпечують підвищення несучої здатності рами з профілю V36 порівняно з профілем СВП на 88,9% та 88,3% відповідно для сталей сп5пс і 20Г2АФ..

На чисельних моделях перевіряли також вплив відхилення форми профілю від проектних значень (допуски під час виготовлення профілю). Оцінювання проводили на моделях кріплення КШПУМ-20,3 із профілю V36, водночас контрольну модель брали з допусками, що відповідають європейським стандартам. Порівняльні варіанти в кількості 2-х моделей мали допуски «в плюс» і «в мінус» за даними, представленими МК «Азовсталь» (рис. 2 і 3). Матеріал у моделі - сталь 20Г2АФ.

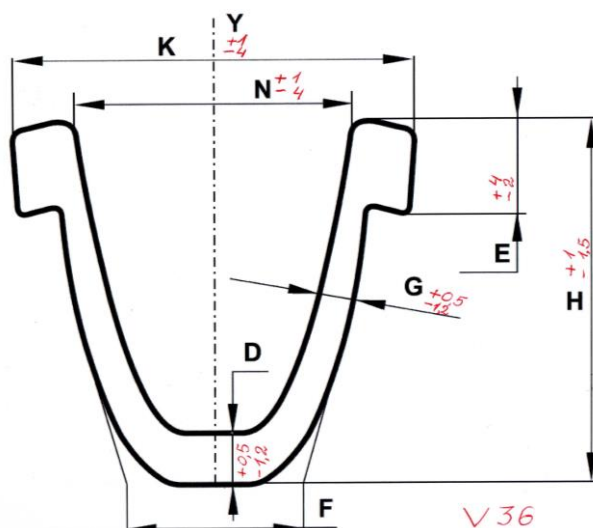


Рис. 2 – Допуски до форми контуру профілю V36, якщо його виготовляти на наявному обладнанні МК «Азовсталь» (без реконструкції прокатного стану)

Аналіз довжини контакту в перерізі замкового з'єднання показує, що у двох порівняльних варіантах вона зменшилася відносно стандарту (174 мм) на 3% і 22% відповідно (див. рис. 3). Результати оцінки граничної несучої здатності наведено в табл. 3.

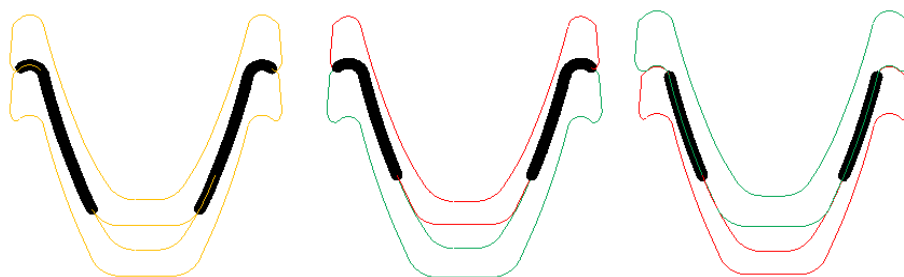


Рис. 3 – Довжина контакту за перерізом профілів (зліва направо) - з допусками за євростандартом (174 мм); з допусками МК «Азовсталь», коли верхняк - «в мінус», стійка - «в плюс» (168 мм); з допусками МК «Азовсталь», коли верхняк - «в плюс», стійка - «в мінус» (136 мм)

Аналіз представлених результатів показує, що в разі відхилень у розмірах профілю, більш значних, ніж передбачені євростандартами, має місце зниження несучої здатності «за профілем» на величину від 7 до 16%. Під час оцінки «за замками» також значення несучої здатності рами відхиляються як у бік збільшення на 70%, так і в бік зниження на 55%. Таким чином, якість формування профілю рами під час виготовлення профілю також сильно впливає на несучу здатність конструкції піддатливої рами, яка виготовляється з такого профілю.

Таблиця 3

Вплив допусків виготовлення на граничну несучу здатність рами з профілю V36 і сталі 20Г2АФ

Варіант	Розрахункове граничне навантаження, т/м	Наведені напруження МПа	Розрахун- кова несуча здатність, т/арку	Різниця (база порівняння – стандарт)	
				т/арку	%
«за профілем»					
стандарт	13,06	651	119,1	-	-
Верхняк в +; Стойка в –	12,09	651	110,3	-8,8	-7,4
Верхняк в –; Стойка в +	10,88	651	99,2	-19,9	-16,7
«за замками»					
стандарт	36,08	651	329,1		
Верхняк в +; Стойка в –	61,31	651	559,1	+230,0	+70,0
Верхняк в –; Стойка в +	16,05	651	146,4	-182,7	-55,5

УДК 624.05

Олейников В. М., студент групи ПЦБ-23-5

Брунеллі Р., студент групи ПЦБ-22-4

Український державний університет науки і технологій

м. Дніпро, Україна

3D-СКАНУВАННЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ: СУЧАСНИЙ СТАН, АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Вступ. Інтенсивний розвиток цифрових технологій кардинально змінює будівельну галузь. Одним із найпотужніших інструментів цієї трансформації є 3D-сканування - технологія, що дозволяє створювати високоточні цифрові копії фізичних об'єктів. Її впровадження у будівництво змінює традиційні підходи до проектування, реконструкції, контролю якості та експлуатації споруд. Завдяки можливості оцифрувати реальність з точністю до міліметрів, 3D-сканування стає основою для інноваційних рішень, таких як цифрові двійники, автоматизований моніторинг та предиктивна аналітика.

Актуальність дослідження. Зростання складності будівельних проєктів, підвищення вимог до точності виконання робіт та безпеки об'єктів робить впровадження 3D-сканування особливо актуальним. Цифрові технології стають ключовою умовою ефективності сучасного будівництва, сприяють прискоренню процесів та зменшенню ризиків. Зокрема, 3D-сканування інтегрується в концепцію «розумного будівництва» (Smart Construction), де дані зі сканерів стають основою для оптимізації ланцюгів поставок, управління ресурсами та зменшення вуглецевого сліду. Крім того, воно формує фундамент для розвитку цифрових міст майбутнього, де кожен об'єкт має свою цифрову історію.

Подальший розвиток будівельної галузі нерозривно пов'язаний з інтеграцією передових технологій. У цьому контексті, 3D-сканування виступає не просто інструментом для збору даних, а стратегічною технологією, що забезпечує якісно новий рівень інформаційного забезпечення на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Його застосування дозволяє вирішувати складні завдання, пов'язані з управлінням проєктами, контролем якості, безпекою та сталим розвитком.

Основні напрямки застосування 3D-сканування. Створення цифрових близнюків будівель: Високоточне відтворення геометрії існуючих об'єктів дозволяє моделювати їхній життєвий цикл, проводити технічний аналіз та планувати модернізацію без необхідності безпосереднього втручання. Цифрові двійники стають інтерактивними моделями, що відображають поточний стан об'єкта, його інженерні системи та експлуатаційні характеристики. Це відкриває нові можливості для оптимізації управління нерухомістю,

прогнозування потреб у ремонті та обслуговуванні, а також для навчання персоналу в віртуальному середовищі.

ВІМ-моделювання: Дані, отримані зі сканування, інтегруються у ВІМ-середовища (наприклад, Autodesk Revit або Bentley Systems), забезпечуючи підвищену точність проєктних рішень. Інтеграція даних 3D-сканування з ВІМ-моделями значно підвищує їхню інформаційну цінність та достовірність. Це дозволяє створювати більш детальні та точні проєктні рішення, виявляти потенційні колізії на ранніх стадіях проєктування, оптимізувати будівельні процеси та покращувати комунікацію між усіма учасниками проєкту.

Контроль якості будівельних робіт: Порівняння сканованих моделей із проєктними за допомогою програмних інструментів дозволяє виявляти відхилення в реальному часі. Застосування 3D-сканування для контролю якості забезпечує об'єктивну оцінку відповідності виконаних робіт проєктній документації. Це дозволяє своєчасно виявляти та усувати недоліки, мінімізувати ризики виникнення дефектів у майбутньому та забезпечувати високу якість будівельних об'єктів.

Реконструкція історичних об'єктів: 3D-сканування дозволяє делікатно зафіксувати всі особливості старовинних конструкцій. У сфері збереження культурної спадщини 3D-сканування є незамінним інструментом для детальної фіксації поточного стану історичних будівель та споруд. Отримані цифрові моделі використовуються для розробки планів реставрації, створення точних копій втрачених елементів, а також для віртуальної реконструкції об'єктів, що вже не існують.

Моніторинг деформацій: Регулярне сканування дає змогу відстежувати зміни геометрії об'єктів. Застосування 3D-сканування для моніторингу деформацій будівельних конструкцій, мостів, тунелів та інших інфраструктурних об'єктів дозволяє своєчасно виявляти критичні зміни та запобігати аварійним ситуаціям. Регулярні сканування та їх порівняння дають змогу оцінювати швидкість та характер деформацій, що є важливим для прийняття обґрунтованих рішень щодо підтримання безпечної експлуатації об'єктів.

Проблематика впровадження. Дефіцит кваліфікованих кадрів: Більшість інженерів володіють лише базовими навичками роботи з точковими хмарами, тоді як аналіз даних вимагає знань у галузі ML та Big Data. Недостатня кількість фахівців, які володіють глибокими знаннями в галузі обробки та аналізу даних 3D-сканування, є суттєвою перешкодою для широкого впровадження цієї технології. Потрібні спеціалісти, здатні не лише отримувати точкові хмари, але й ефективно використовувати їх для вирішення конкретних будівельних завдань, застосовуючи методи машинного навчання та аналізу великих даних.

Висока вартість: Навіть оренда професійного сканера коштує від \$1000 на день, що обмежує доступність для малих компаній. Висока вартість обладнання

для 3D-сканування та програмного забезпечення для обробки даних залишається значним бар'єром для багатьох малих та середніх будівельних компаній. Це обмежує їхні можливості щодо впровадження цієї передової технології та отримання пов'язаних з нею переваг.

Відсутність стандартизації: Різні формати даних ускладнюють обмін інформацією між платформами. Відсутність єдиних стандартів щодо форматів даних 3D-сканування ускладнює обмін інформацією між різними програмними платформами та учасниками будівельного процесу. Це може призводити до втрати даних, необхідності конвертації файлів та збільшення часу на обробку інформації.

Інертність галузі: Багато підприємств досі покладаються на ручні обміри через страх перед змінами процесів. Консервативність та опір змінам у багатьох будівельних компаніях є ще однією проблемою на шляху до широкого впровадження 3D-сканування. Страх перед новими технологіями, недостатнє розуміння їхніх переваг та складність інтеграції в існуючі робочі процеси можуть гальмувати їхнє впровадження.

Шляхи вирішення. Освітні ініціативи: Впровадження курсів з роботи з 3D-даними у вузах та на онлайн-платформах. Розвиток освітніх програм, спрямованих на підготовку кваліфікованих фахівців у галузі 3D-сканування та обробки отриманих даних, є ключовим для подолання дефіциту кадрів. Впровадження відповідних курсів у вищих навчальних закладах та на онлайн-платформах дозволить забезпечити будівельну галузь необхідними спеціалістами.

Стимулювання ринку: Випуск бюджетних сканерів та open-source ПЗ. Зниження вартості обладнання для 3D-сканування та розробка доступного програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом можуть значно розширити коло потенційних користувачів цієї технології, зробивши її доступнішою для малих та середніх підприємств.

Розробка стандартів: Ініціативи на кшталт ISO 19650 для BIM. Активна розробка та впровадження єдиних стандартів щодо форматів даних 3D-сканування та протоколів обміну інформацією є важливим кроком для забезпечення сумісності різних програмних платформ та ефективної співпраці між учасниками будівельних проєктів.

Гібридні процеси: Поєднання традиційних методів з цифровими. На початковому етапі впровадження 3D-сканування доцільним може бути використання гібридних підходів, що поєднують традиційні методи вимірювань з можливостями цифрового сканування. Це дозволить компаніям поступово адаптуватися до нових технологій, оцінити їхні переваги та інтегрувати їх у свої робочі процеси.

Майбутні тенденції. Інтеграція з ШІ: Алгоритми автоматично виявляють тріщини або корозію на моделях. Подальша інтеграція 3D-сканування з технологіями штучного інтелекту відкриває нові можливості для

автоматизованого аналізу отриманих даних. Алгоритми машинного навчання зможуть автоматично виявляти дефекти, тріщини, корозію та інші аномалії на 3D-моделях, що значно підвищить ефективність контролю якості та моніторингу стану будівельних об'єктів.

Дрони зі сканерами: БПЛА сканують важкодоступні об'єкти. Використання безпілотних літальних апаратів (дронів), оснащених 3D-сканерами, дозволить здійснювати швидке та безпечне сканування важкодоступних або небезпечних об'єктів, таких як висотні будівлі, мости, промислові споруди. Це значно розширить сферу застосування 3D-сканування та зменшить ризики для персоналу.

AR-візуалізація: Дані накладаються на реальні об'єкти через доповнену реальність. Технології доповненої реальності (AR) відкривають нові способи візуалізації даних 3D-сканування. Накладання цифрових моделей на реальні об'єкти в режимі реального часу дозволить будівельникам, інженерам та іншим фахівцям отримувати оперативну інформацію про проєкт, контролювати якість виконання робіт та приймати обґрунтовані рішення безпосередньо на будівельному майданчику.

Висновки. 3D-сканування формує нову парадигму будівельної практики, підвищуючи точність, безпечність та ефективність робіт. Вже зараз воно є стратегічною необхідністю для стійкого розвитку галузі. Ті, хто інвестує в цю технологію сьогодні, отримують переваги завтра: скорочують витрати, уникатимуть прострочень і створюють об'єкти, адаптовані до викликів майбутнього. Подальше поширення та вдосконалення технологій 3D-сканування, у поєднанні з розвитком суміжних цифрових інструментів, матиме вирішальне значення для майбутнього будівельної галузі, сприяючи її цифровій трансформації та підвищенню конкурентоздатності.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://vash-master.com.ua/modulni-budinki-perevagi-ta-nedoliki-vse-sho-potribno-znati-2/>
2. Електронний ресурс: <https://realprojectives.com/the-advantages-and-challenges-of-modular-construction/>
3. Електронний ресурс: <https://zhzh.com.ua/internet/a-vi-znate-laki-u-modulnih-budinkiv-perspektivi.html>
4. Електронний ресурс: <https://thearchitecturalmythologems.com/modular-houses-main-problems/>
5. Електронний ресурс: https://www.researchgate.net/figure/List-of-the-limitations-of-modularization-in-construction-and-the-sources_tbl2_342154568

УДК 691.7 (725.5:004.7)

Негрей К. О., студентка групи ПЦБ-23-4

Олейников В. М., студент групи ПЦБ-23-5

*Український Державний університет науки та технологій
м. Дніпро, Україна*

ІНТЕГРАЦІЯ BIM, VR І AR У БУДІВНИЦТВО: ШЛЯХ ДО ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГАЛУЗІ

Вступ. Сучасна будівельна галузь переживає період інтенсивної цифрової трансформації. Традиційні методи проєктування та управління будівельними процесами поступаються місцем інноваційним технологіям, що базуються на використанні цифрових даних. Одним із найважливіших напрямів цієї еволюції є впровадження технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) у поєднанні з віртуальною (VR) та доповненою реальністю (AR). Інтеграція цих технологій відкриває нові можливості для підвищення якості проєктування, оптимізації будівельних процесів, зниження витрат та забезпечення сталого розвитку будівельної галузі.

Еволюція технологій в будівництві. Будівництво пройшло значний шлях: від ручних креслень і двовимірних планів до використання CAD-систем у 80–90-х роках XX століття. Виникнення BIM стало наступним етапом, оскільки дозволило не лише візуалізувати об'єкти у тривимірному просторі, а й інтегрувати всі дані про об'єкт у єдину цифрову платформу. Надалі розвиток технологій VR та AR ще більше розширив можливості взаємодії з проєктами на різних стадіях їхнього життєвого циклу.

Можливості BIM: 4D- та 5D-моделювання. Інформаційне моделювання будівель (BIM) сьогодні виходить за межі класичного тривимірного моделювання (3D).

4D-моделювання поєднує просторову інформацію з часовими параметрами, дозволяючи створювати календарно-мережеві графіки будівельних робіт безпосередньо на основі цифрової моделі. Це дозволяє прогнозувати етапи реалізації проєкту, ефективно управляти термінами виконання робіт та мінімізувати ризики затримок.

5D-моделювання, у свою чергу, інтегрує фінансову складову. Завдяки цьому стає можливим автоматичне формування кошторисів, розрахунок витрат на матеріали та ресурси в режимі реального часу, що сприяє точнішому плануванню бюджету і зниженню загальних витрат на реалізацію проєкту.

Таким чином, 4D і 5D-моделювання перетворюють BIM на потужний інструмент прогнозування та управління будівельними процесами на всіх стадіях реалізації.

Використання VR у будівництві: нові можливості для прийняття рішень. Віртуальна реальність (VR) докорінно змінює підхід до проєктування та візуалізації об'єктів. Замість аналізу креслень або тривимірних моделей на моніторах, VR дозволяє замовникам, проєктувальникам та будівельникам зануритися у середовище майбутнього об'єкта у реальному масштабі 1:1.

Використання VR дає змогу:

- Перевірити зручність планувальних рішень і ергономіку приміщень ще до початку будівельних робіт;
- Оцінити візуальні та просторові характеристики об'єкта;
- Приймати рішення щодо змін проєкту на основі реального досвіду віртуального "перебування" у приміщеннях.

Досвід світових проєктів свідчить, що застосування VR дозволяє скоротити кількість проєктних змін та узгоджень до 30%, що в підсумку економить кошти та час.

Використання AR у будівництві. Технології доповненої реальності (AR) надають будівельникам можливість накладати цифрові моделі на реальні фізичні об'єкти під час виконання будівельних робіт. Це дозволяє:

- Виявляти відхилення від проєктних рішень у режимі реального часу;
- Полегшувати процес авторського та технічного нагляду;
- Підвищувати точність монтажних робіт та зменшувати кількість дефектів.

Наприклад, при будівництві великих інфраструктурних об'єктів інженери за допомогою AR-окулярів можуть бачити схему прихованих комунікацій всередині конструкцій без необхідності відкриття чи пошкодження елементів.

Приклади реалізації технологій у світовій практиці. Світова практика демонструє ефективність інтеграції BIM, VR та AR:

- **Crossrail (Elizabeth Line, Лондон):** BIM використовувався для координації складних підземних робіт, VR застосовували для моделювання пасажиропотоків і виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях.
- **Аеропорт "Інчئون" (Південна Корея):** VR дозволив моделювати поведінку пасажирів у нових терміналах ще до фактичного будівництва, що допомогло уникнути перевантаження зон очікування.
- **Проекти Skanska (США, Швеція):** використання AR на будмайданчиках для інтеграції даних BIM-моделей безпосередньо в робоче середовище.

В Україні спостерігаються позитивні тенденції використання BIM-моделювання у проєктуванні громадських будівель та медичних закладів, що сприяє підвищенню ефективності управління будівельними процесами.

Виклики та перспективи впровадження. Попри очевидні переваги, впровадження BIM, VR і AR супроводжується певними викликами:

- Необхідність значних інвестицій у навчання персоналу та придбання обладнання;
- Відсутність єдиних стандартів застосування BIM в Україні;
- Проблеми сумісності різних програмних платформ;
- Потреба у забезпеченні кібербезпеки даних.

У майбутньому очікується ще більша інтеграція цих технологій із системами штучного інтелекту для створення "розумних" будівель, автоматизація проєктування за допомогою генеративного дизайну та активний розвиток цифрових двійників об'єктів і міст.

Висновки. Інтеграція BIM, VR та AR у будівництво є важливим кроком на шляху до цифрової трансформації галузі. Використання цих технологій дозволяє підвищити якість проєктування, знизити витрати, скоротити терміни реалізації проєктів та підвищити безпеку на будівельних майданчиках. Світовий досвід свідчить про ефективність їх застосування, а український будівельний ринок має значний потенціал для впровадження таких рішень у процесі відбудови та модернізації інфраструктури. Подальший розвиток цифрових технологій у будівництві є важливою складовою стратегії сталого розвитку та інноваційного зростання економіки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: [https://www.wiley.com/en-us/BIM+Handbook%3A+A+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+Owner s%2C+Designers%2C+Engineers](https://www.wiley.com/en-us/BIM+Handbook%3A+A+Guide+to+Building+Information+Modeling+for+Owners%2C+Designers%2C+Engineers)
2. Електронний ресурс: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433)
3. Електронний ресурс: <https://vocal.media/writers/vr-and-bim-the-future-of-building-design>
4. Електронний ресурс: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580517309962>

УДК 624

Малий Р. С., студент гр. 192-22ск-1

Науковий керівник: Іванова Г. П., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,
м.Дніпро, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ АРМАТУРНИХ СИСТЕМ У КОНСТРУКЦІЯХ: ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ

Конструкції, в яких застосовуються спеціальні арматурні системи, відіграють значну роль у сучасному будівництві. Вони сприяють підвищенню міцності та стійкості споруд, знижують ймовірність пошкоджень під впливом зовнішніх факторів і подовжують строк їх експлуатації. У науковій роботі розглянуто ключові особливості функціонування таких конструкцій.

Спеціальні арматурні системи використовуються для зміцнення конструкцій під час їхньої експлуатації. Вони включають різноманітні елементи, такі як стержні, дрід, пластини тощо. Прикладом такої системи є розробки компанії Реікко для запобігання продавлюванню при значних напруженнях (рис. 1).

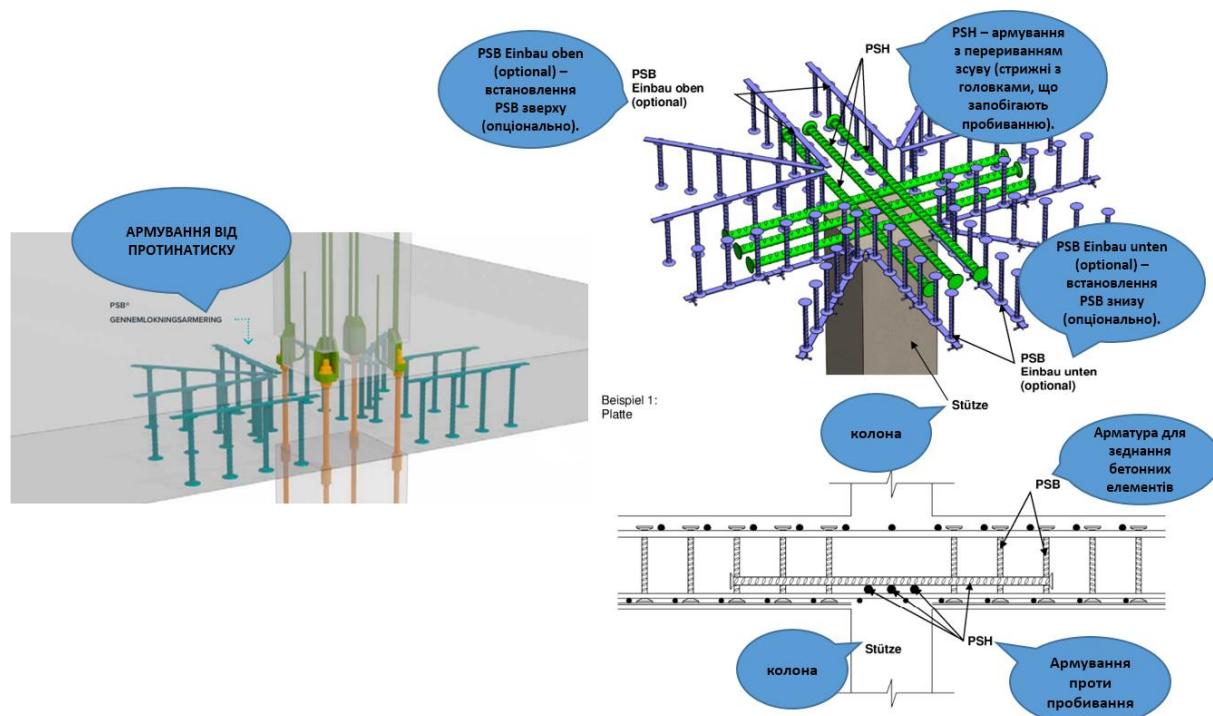


Рис.1 – Схема запобігання продавлюванню при великих напруженнях

Reikko Group Corporation - це фінська компанія, яка спеціалізується на:

- Рішеннях для тонких підлогових конструкцій (наприклад, системи для швидкого монтажу підлог),

- Технологіях з'єднання для збірного та монолітного будівництва (включно з анкерами, з'єднувачами колон та балок),
- Рішеннях для фундаментів вітрових електростанцій (наприклад, спеціальні анкерні системи).

Ця схема забезпечує економічно ефективно підвищення стійкості залізобетонної плити до руйнування внаслідок зсуву при продавлюванні. Така система активно використовується у монолітному будівництві для **запобігання локальному руйнуванню (продавлюванню)** в місцях високих концентрованих навантажень, наприклад, у плитах безбалкових перекриттів (рис.2).

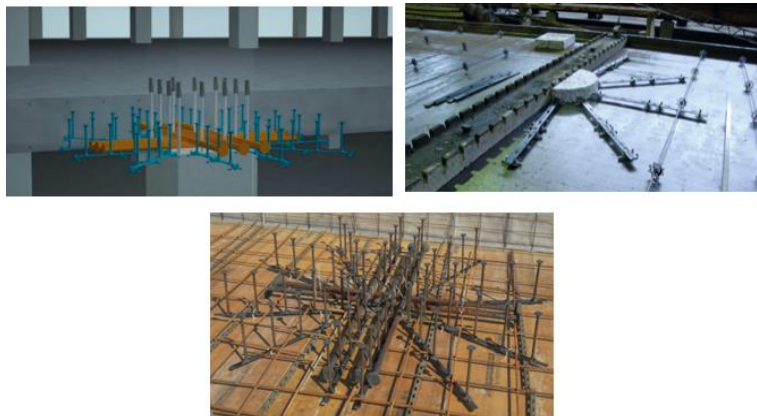


Рис.2 – Застосування на практиці системи запобігання продавлюванню при великих напруженнях

Спеціальна арматурна система - це комплекс арматурних елементів, що застосовується для підсилення конструкцій у специфічних умовах (наприклад, при високих навантаженнях, сейсмічних впливах або агресивних середовищах).

Спеціальні типи арматури - це арматурні вироби (стержні, сітки, канати тощо), які мають особливі властивості або конструктивні особливості для використання в специфічних будівельних умовах.

До основних типів спеціальних арматурних систем відносяться:

- арматура з напруженими стержнями, яка використовується для підвищення міцності та стійкості конструкцій;
- штучно зварені сітки, які дозволяють зменшити час будівництва і покращити якість конструкцій;
- просторові арматурні системи, що складаються з стержнів та пластин, які використовуються для забезпечення міцності та стійкості конструкцій.

До спеціальних типів арматури відносяться:

- Арматура із базальтового волокна (BFRP - Basalt Fiber Reinforced Polymer).
- FRP-арматура (Fiber Reinforced Polymer Rebar).

Порівняння характеристик звичайного армування та системи запобігання продавлювання наведено на рисунку 3.

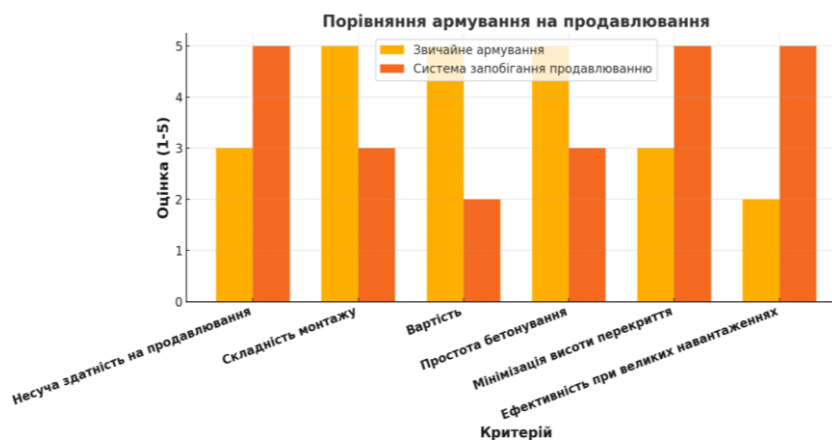


Рис.3 – Порівняння характеристик звичайного армування та системи запобігання продавлювання

Переваги та недоліки основних типів спеціальних арматурних систем наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки основних типів спеціальних арматурних систем

Тип системи	Опис	Переваги	Недоліки
Арматура з напруженими стержнями	Сталеві стержні, які попередньо або після бетонування напружуються.	Підвищена несуча здатність конструкції Зменшення тріщиноутворення Економія матеріалів	Висока вартість обладнання Складність монтажу Необхідність спеціальних технологій
Штучно зварені сітки	Зварені між собою стрижні з арматурної сталі, які виготовляються на заводі.	Прискорення монтажу Висока точність Зменшення трудовитрат	Можливі обмеження у геометрії Потребують транспортування з урахуванням габаритів
Просторові арматурні системи	Об'ємні каркаси, що складаються з арматурних стержнів, з'єднаних у тривимірну структуру.	Забезпечення просторової жорсткості Стійкість до складних навантажень Зручність монтажу для складних форм	Висока вартість виготовлення Велика маса Складність у транспортуванні

Порівняння різних типів спеціальних арматурних систем наведено на рисунку 4.

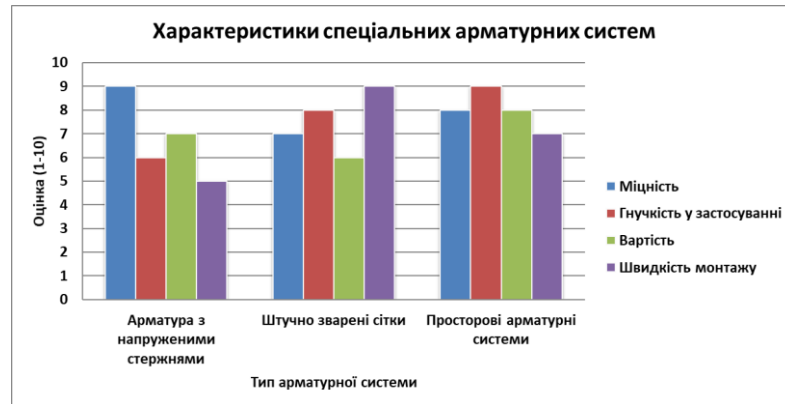


Рис.4 – Порівняння різних типів спеціальних арматурних систем

Переваги та недоліки спеціальних типів арматури наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Переваги та недоліки спеціальних типів арматури

Тип арматури	Опис	Переваги	Недоліки
BFRP (базальтове волокно)	Неметалеві арматурні стрижні з базальтового волокна.	Стійкість до корозії Легкість Довговічність Екологічність	Низька пластичність Відсутність стандартів у деяких країнах Не придатна для зварювання
FRP (скло-, вугле-, базальтове волокно)	Композитна арматура з волокон та полімерної матриці.	Висока міцність на розтяг Корозійна стійкість Мала вага	Вища вартість Хрупкість у порівнянні зі сталлю Іноді складність у механічному з'єднанні

Порівняння ціни, маси та міцності на розтяг різних типів арматури наведена на рисунку 5.

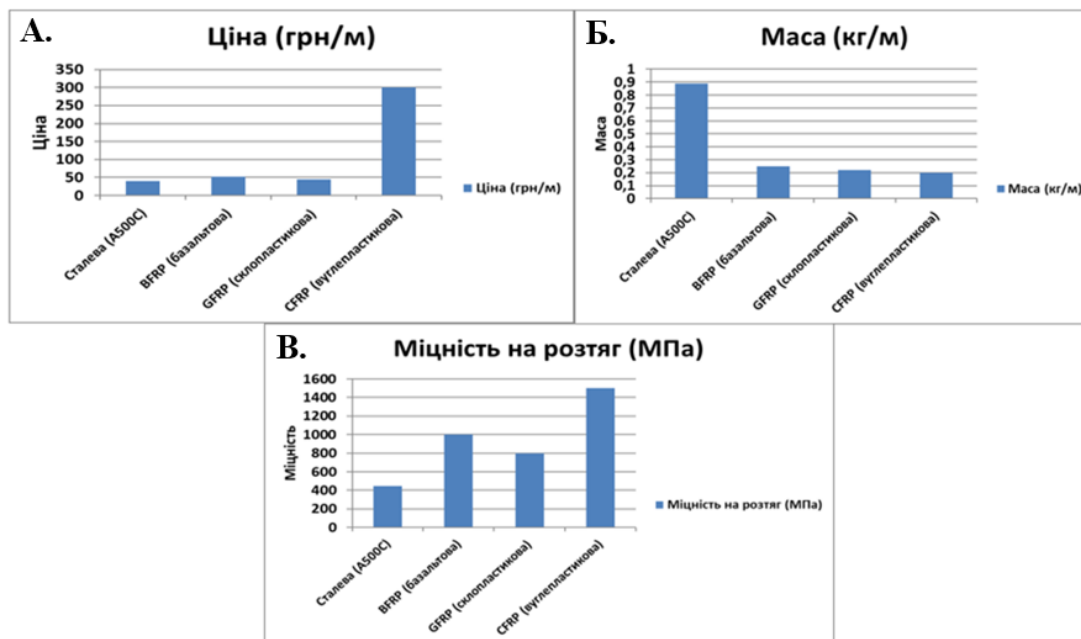


Рис.5 – Порівняння ціни (а), маси(б) та міцності на розтяг(в) різних типів арматури

Впровадження спеціалізованих арматурних систем відкриває широкі можливості в будівельній галузі. Зокрема, це сприяє зміцненню конструкцій, зниженню загальних витрат на будівництво, а також підвищенню довговічності й експлуатаційної надійності споруд.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://www.youbuildweb.it/sistema-di-armatura-a-punzonamento-psb-plus-di-peikko/>
2. Електронний ресурс: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-792>
3. Електронний ресурс: <https://news.cision.com/fi/peikko-group-corporation/i/twin-psb-plus,c2606225>
4. Електронний ресурс: <https://www.ruwa-ag.ch/fr/news-blog/2021/peikko-psb-cubo>
5. Електронний ресурс: https://prd.crb.ch/product_detail/24F14798A4D4C669F58B7908843C48?language=f
6. Електронний ресурс: <https://www.peikko.com/news/punching-reinforcement-system-for-pile-supported-slabs-speeds-up-infrastructure-construction-and-increases-efficiency/>
7. Електронний ресурс: <https://akjournals.com/view/journals/606/606-overview.xml>

УДК 728.7

Лазарєв Р. В., студент групи ПЦБ-22-2

Брунеллі Р., студент групи ПЦБ-22-4

Український державний університет науки та технологій, ННІ

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

м. Дніпро, Україна

ОБМЕЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ В МОДУЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ ЯК ПРОБЛЕМА

Модульне будівництво стрімко набирає популярності завдяки своїй економічності, швидкості зведення та екологічності. Проте існує низка архітектурних обмежень, які можуть стати серйозною проблемою для споживачів та архітекторів. Обмеження пов'язані передусім із стандартизованістю конструктивних рішень, що ускладнює індивідуалізацію простору. Люди прагнуть жити в унікальних, зручних для себе будинках, але модульні рішення часто не дозволяють реалізувати нестандартні дизайнерські ідеї або адаптувати житло під особисті потреби.

Ще однією проблемою є обмежена варіативність фасадів, внутрішніх планувань і матеріалів. Це спричиняє одноманітність забудови та ускладнює інтеграцію таких будинків у традиційне архітектурне середовище міста або села. Така уніфікація також може створювати відчуття відчуженості у мешканців.

Виходом із цієї ситуації може стати розробка нових гнучких модульних систем, що дозволяють більше варіантів компонування та індивідуального налаштування будинків. Інтеграція параметричного дизайну, використання цифрових технологій моделювання та 3D-друку дасть можливість замовникам отримувати житло з урахуванням їхніх особистих уподобань, не втрачаючи переваг модульного будівництва.

Таким чином, розв'язання проблеми архітектурних обмежень у модульному будівництві полягає в поєднанні стандартів з індивідуальністю, що дозволить розширити можливості застосування цієї технології без шкоди для естетики та зручності проживання.

Модульне будівництво - це сучасна технологія зведення будівель, що базується на попередньо виготовлених модулях, які збираються на будівельному майданчику як конструктор. Такий підхід дозволяє значно скоротити терміни будівництва, мінімізувати вплив погодних умов, зменшити витрати на робочу силу та забезпечити стабільну якість.

Незважаючи на ці переваги, архітектурна свобода в модульному будівництві часто залишається обмеженою. Головною причиною є стандартизація модулів: їхня форма, розмір і спосіб з'єднання між собою

підкоряються суворим технічним вимогам. Це означає, що архітектори змушені працювати в межах встановлених конструктивних рамок, що знижує креативність проєктних рішень. Така уніфікація обмежує кількість варіантів обробки фасадів, розміщення вікон та дверей, використання натуральних матеріалів.

З точки зору користувача, це призводить до серії викликів. Людина, яка вкладає гроші у власне житло, прагне бачити в ньому відображення своєї індивідуальності. Водночас однакові «коробки» без характеру викликають у мешканців відчуття стандартизованості та відсутності душі. Архітектурна виразність - один із найважливіших аспектів, який впливає на якість життя та емоційне сприйняття простору.

На рівні міської забудови надмірна уніфікація може призвести до формування монотонного середовища. Це стосується не лише естетики, а й функціональності міського простору. Наприклад, модульні житлові масиви можуть не враховувати складну соціальну, культурну та історичну специфіку міста. Це призводить до конфлікту між новим будівництвом і вже існуючим міським контекстом.

Щоб подолати ці обмеження, інженери та архітектори пропонують нові підходи до модульного проєктування. Серед них - використання параметричного моделювання, яке дозволяє створювати змінні форми на основі заданих правил. Це дає змогу зберігати структурну цілісність модулів, але водночас дозволяти більшу варіативність форм і рішень.

Іншим важливим напрямом є застосування 3D-друку у створенні окремих елементів будівлі. Це відкриває двері до індивідуалізації фасадів, інтер'єрів, а також покращує ергономіку та енергозбереження. Інтеграція цифрових технологій у модульне будівництво дозволяє автоматизувати процеси, мінімізувати помилки та розширити можливості архітекторів.

Сприйняття житла як унікального простору є частиною культурної ідентичності. І саме тому архітектурні обмеження в модульному будівництві є серйозною соціальною проблемою. Її вирішення потребує міждисциплінарного підходу - залучення архітекторів, інженерів, дизайнерів, соціологів і містобудівників. Тільки так можна створити житлове середовище, яке буде водночас ефективним і естетично цінним.

Наразі є не одне цікаве архітектурне рішення стосовно модульних будинків, наприклад:

1. Асиметричні дахи та геометричні форми. Будинки з нестандартними дахами та чіткою геометрією фасадів створюють унікальний зовнішній вигляд. Такі рішення не лише естетичні, але й функціональні, забезпечуючи кращу вентиляцію та енергоефективність.

2. Сади на даху та тераси. Інтеграція зелених насаджень на дахах та просторах терасах додає природності та сприяє екологічності житла. Це також покращує теплоізоляцію та створює додатковий простір для відпочинку.

3. Панорамне скління. Великі вікна та скляні фасади забезпечують максимальне проникнення природного світла, візуально розширюючи простір та з'єднуючи інтер'єр з навколишнім середовищем.

4. Розташування біля водойм. Модульні будинки, розташовані поблизу водойм, створюють особливу атмосферу спокою та релаксації. Вони часто мають вихід до води, тераси або пірси, що підсилює зв'язок з природою.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://vash-master.com.ua/modulni-budinki-perevagi-ta-nedoliki-vse-sho-potribno-znati-2/>
2. Електронний ресурс: <https://realprojectives.com/the-advantages-and-challenges-of-modular-construction/>
3. Електронний ресурс: <https://zhzh.com.ua/internet/a-vi-znate-iaki-u-modulnih-budinkiv-perspektivi.html>
4. Електронний ресурс: <https://thearchitecturalmythologems.com/modular-houses-main-problems/>
5. Електронний ресурс: https://www.researchgate.net/figure/List-of-the-limitations-of-modularization-in-construction-and-the-sources_tbl2_342154568
6. Електронний ресурс: https://www.researchgate.net/figure/List-of-the-limitations-of-modularization-in-construction-and-the-sources_tbl2_342154568

УДК 728

Корж Д. В., студентка групи 192-24-2,
Науковий керівник: Хозяйкіна Н. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
м. Дніпро, Україна

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В МАСОВУ ЗАБУДОВУ МІСТ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ

Мета. Проаналізувати світовий досвід впровадження принципів енергоефективності в масову забудову міст, визначити можливості та перспективи їх адаптації до умов України для забезпечення сталого розвитку урбанізованих територій, підвищення енергетичної ефективності будівельного сектору та зниження енергоспоживання.

1. Актуальність проблеми енергоефективності в містах. Власне, сам термін «енергозбереження» означає зменшення споживання якогось виду енергії або взагалі відмова від споживання певного виду енергії. А сучасне суспільство постійно стикається з проблемами енергозбереження та екології. Регулярно зростає ціна на енергоресурси (нафта, вугілля, газ), економія та перехід на інші види палива найчастіше призводить до погіршення екологічної обстановки. Проте якісний проєкт з енергозбереження дозволить оптимізувати використання енергії будь-якого типу. Вибір на користь екологічних рішень дозволить знизити викиди і підвищить ефективність використання енергії, в т.ч. і електричної, в будинку.

Сьогодні, як факт, Україна у загальному обсязі споживає близько 60–70 % імпортованих енергетичних ресурсів, що змушує її бути однією із енергозалежних країн Європи. Цій негативній ситуації сприяє тріада основних чинників: 1) недостатня кількість вітчизняних енергоресурсів; 2) нераціональне й неефективне використання енергоресурсів; 3) несформований суспільний світогляд щодо енергоефективності та енергозбереження.

Отже, питання підвищення рівня енергоефективності та енергозбереження у сучасній Україні в умовах енергетичного дефіциту є архіактуальним і нагальним.

Ще однією з причин в тому, що теплоізоляційна спроможність стін більшості будинків, що експлуатуються понад 30 років, не відповідає сучасним вимогам щодо енергозбереження та створення належних повітряно-температурних умов в приміщеннях. У зв'язку з цим актуальною стає проблема організації енергоощадних режимів експлуатації існуючих споруд, які б забезпечували належні санітарно-гігієнічні умови в приміщеннях при мінімальних обсягах теплопостачання. Одним з ефективних шляхів вирішення

цієї проблеми є термореновація, або термомодернізація огорожувальних конструкцій будинків, мета якої полягає в підвищенні теплоізоляційної спроможності стін та світлопрозорих елементів споруд.

Відмічається, що показники нормативних вимог термічного опору оболонки будівлі, відповідно до вимог введених в дію в 2022 році ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [1] лише наблизились до показників європейських країн, що були прийняті практично 15 років тому, що є не прийнятним, оскільки на житлові будинки припадає 33 % або 17,04 млн т.н.е. загального кінцевого споживання енергії. Протягом найближчих 5-10 років в Україні передбачено інвестувати \$15 млрд на будівництво нових електростанцій [2].

2. Принципи енергоефективності у масовій забудові. Основні принципи: теплоізоляція, пасивне опалення та охолодження, використання відновлюваної енергії, оптимальне планування будівель.

Загалом, можна виділити такі *основні принципи проектування енергоефективних житлових будівель та житлових комплексів*, а саме [3]:

1) раціональний вибір енергозберігаючої форми будівлі і його правильна орієнтація по відношенню до сонця;

2) висока енергоефективність оболонки будівлі, тобто взаємозв'язок між конструктивними рішеннями будинку та інженерними системами для досягнення високого рівня енергозбереження;

3) ефективна теплоізоляція будинку, конструювання без «мостів холоду»;

4) застосування енергоефективних конструктивних елементів і інженерних систем;

5) застосування механічної припливно-витяжної вентиляції для забезпечення нормального повітрообміну при установці герметичних енергоефективних вікон;

6) пасивне використання сонячної енергії;

7) ефективна система контролю над інженерними системами

8) комп'ютерна система управління і обліку тепло- і енергопостачання будинку, робота якої заснована на математичному моделюванні теплового балансу з урахуванням фактичного енергетичного впливу зовнішнього клімату і внутрішніх тепловиділень;

9) застосування інженерних систем використання і перетворення енергії поновлюваних джерел.

3. Світовий досвід впровадження енергоефективності. В Європейському союзі про майже нульове споживання енергії почали говорити ще у 2010 році. Саме тоді з'явилися вимоги, що в усіх нових будівлях до кінця 2020 року має бути майже нульове споживання енергії. Водночас всі нові громадські будівлі мали виконувати ці вимоги вже після 31 грудня 2018 року.

Про основні ознаки NZEB-будівель розповідає голова Асоціації енергоаудиторів України Вадим Литвин у колонці для Економічної правди, вони такі [4]:

- до уваги береться не лише показник енергоспоживання, а й джерело енергії;
- увага до деталей оболонки будівель для мінімізації потреб енергії на опалення;
- врахування розташування будівлі для максимально ефективного використання сонячних панелей;
- використання ефективних інженерних систем, що дозволяють мінімізувати споживання енергії та обмінюватися енергією між різними підсистемами (наприклад, між системами кондиціонування та гарячого водопостачання);
- такі будинки повинні стати частиною розумних мереж і так званими проактивними споживачами енергії.

Щодо українського законодавства, то наразі у ньому відсутні стандарти та вимоги щодо будівель з майже нульовим споживанням енергії. Проте у серпні цього року презентували проєкт наказу Мінінфраструктури, що визначав би їх, але його досі не ухвалили [4].

4. Приклади. Одним із економічних локомотивів серед європейських країн, що активно реалізовує рекомендації Міжнародного енергетичного агентства, є Федеративна Республіка Німеччина. Її досвід державного управління енергоефективністю та енергозбереженням, зокрема і у галузі житлово-комунального господарства, виявився успішним і може слугувати своєрідним прикладом для наслідування для сучасної України. Згідно з даними Євростату, національних планів дій у межах Директиви 2012/27/ЄС, саме Німеччина має одні із найдинамічніших показників підвищення рівня енергоощадності серед країн-членів Європейського Союзу [5].

У Німеччині найбільший внесок у збереження енергії здійснюється за рахунок успішно реалізованої ініціативи відносно створення LEEN «Навчальних мереж енергоефективності». Подібний результат досягається як скороченням енергоспоживання, так і переходом на альтернативні джерела енергопостачання. На тлі постійно зростаючих цін на енергоносії ці методи особливо актуальні. Проєкт LEEN спрямований на скорочення споживання енергії у мережах, що за результатами апробації у Німеччині в середньому склала від 2,2 % на рік [5].

5. Успішні стратегії та програми підтримки: фінансування, стандарти будівництва, освіта. З метою досягнення рівня показників європейських країн, основні цілі та пріоритети державної політики сучасної України у сфері енергоефективності визначено в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність,

конкурентоспроможність», схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. [6].

6. Виклики і бар'єри у впровадженні енергоефективності в масовій забудові. Економічні, технічні, соціальні та законодавчі аспекти. Для підвищення енергоефективності Україні потрібні значні інвестиції: за оцінюваннями, до 2030 року знадобиться приблизно 13 мільярдів євро, тоді як поточне фінансування покриває менш ніж 4 % цієї суми. Задоволення цієї фінансової потреби потребуватиме поєднання державного та приватного фінансування. Хоча урядові ініціативи на кшталт Фонду енергоефективності (ФЕЕ) є життєвоважливими, лише вони не можуть повністю заповнити цю прогалину [7].

Однією з ключових перешкод для ширшого впровадження рішень з енергоефективності є високі початкові витрати, а також тривалий період окупності. Одним із перспективних механізмів подолання цієї проблеми може стати «зелена іпотека на відбудову» – пропонування домовласникам вигідних умов фінансування енергоефективного будівництва чи реконструкції. Зелена іпотека на відбудову може бути пристосована до специфічних потреб України через пропонування гнучких умов виплати та потенційну інтеграцію субсидій чи грантів для бідних домогосподарств у постраждалих регіонах.

5. Потенціал і можливості для України. Отже, підсумовуючи все наведене вище, зазначаємо, що на сьогоднішньому етапі розвитку української держави у сфері енергоефективності та енергозбереження їй необхідно:

- законодавчо закріпити поняття «енергоефективність»;
- активніше здійснювати інформаційно-роз'яснювальну роботу щодо зміни енергоспоживацького світогляду українського населення;
- практично застосовувати рекомендації Міжнародного енергетичного агентства;
- посилити двосторонню співпрацю між Україною та Федеративною Республікою Німеччина.

Опираючись на німецький досвід, сучасна Україна має достатньою мірою фінансово стимулювати науково-дослідницьку діяльність у сфері енергоефективності та енергозбереження та активніше розвивати ініціативи відносно створення LEEN проведення відкритих, прозорих, публічних торгів у сфері енергоефективності та енергозбереження.

6. Висновки. Проведений аналіз доводить, що впровадження принципів енергоефективності у масову забудову міст є необхідною умовою сталого розвитку урбанізованих територій України. Світовий досвід, зокрема практика Європейського Союзу та Німеччини, демонструє, що підвищення енергоефективності можливе за умови комплексного підходу, що включає оновлення нормативної бази, стимулювання інвестицій, розвиток освітніх програм та формування суспільної свідомості.

Тільки завдяки послідовним та системним діям Україна зможе скоротити енергоспоживання, підвищити енергетичну безпеку та сприяти екологічному розвитку міст.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996?doc_type=2
2. Електронний ресурс: <https://mtmdc.com.ua/web/uploads/pdf/Modern%20Technologies,%20Materials%20and%20Structures%20in%20Construction%20Vol.%2021,%20No.%201,%202024,%20145-153.pdf>
3. Електронний ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsipi-formuvannya-energoefektivnih-zhitlovih-budivel/viewer>
4. Електронний ресурс: <https://rubryka.com/article/energoefektyvne-vidnovlennya/>
5. Електронний ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/>
6. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
7. Електронний ресурс: <https://saee.gov.ua/diialnist/enerhoefektyvnist/enerhoefektyvnist>
8. Електронний ресурс: <https://cedos.org.ua/researches/37-tez-pro-suchasnyj-stan-vyklyky-i-pryncyipy-novoyi-zhytlovoyi-polityky-v-ukrayini/>
9. Електронний ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3927312-strategicnij-imperativ-energoefektivnist-zitla-mae-stati-castinou-procesu-vidbudovi-ukraini.html>
10. Електронний ресурс: https://www.researchgate.net/publication/390091508_ENERGOEFEKTIVNIST_TA_CIFROVIZACIA_VIKLIKI_TTA_MOZLIVOSTI_DLA_BUDIVELNOI_GALUZI_UKRAINI_V_UMOVAH_ENERGETICNOGO_DEFICITU
11. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/88-2020-%D1%80#Text>
12. Електронний ресурс: https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_FactSheet_EE%20Municipalities_2020_UA_web.pdf
13. Електронний ресурс: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-nacionalnij-plan-dij-z-energoefektivnosti-na-period-do-2030-roku>

УДК:624

Зима Д. С., Повстенко К. М., студентки гр. БД-23-1/9

*Кам'янський енергетичний фаховий коледж,
м. Кам'янське, Україна*

ПОВОЄННА ВІДБУДОВА УКРАЇНИ - МОЄ БАЧЕННЯ

Вступ. Офіційно війна розпочалася у 2022 році, але для українців вона триває ще з далекого 2014 року. У лютому 2014 року Росія анексувала Крим, використовуючи військові сили та організувавши незаконний референдум, результати якого не були визнані міжнародною спільнотою. У квітні того ж року на сході України, в Донецькій та Луганській областях, почалися бойові дії, коли проросійські сепаратисти за підтримки Росії проголосили так звані «ДНР» і «ЛНР». Цей конфлікт тривав впродовж восьми років, супроводжуючись численними жертвами серед військових і цивільних, а також значними руйнуваннями. У 2022 році Росія розпочала повномасштабне вторгнення в Україну, що стало найбільшим військовим конфліктом у Європі з часів Другої світової війни. Ця війна принесла величезні страждання українському народу і разом із ними вона принесла з собою розруху, кризу та інфляцію із наслідками яких у повному масштабі доведеться стикнутися українцям після її закінчення.

2022-й рік можна вважати одним з найскладніших в історії нашої держави. Ми пережили перший шок від початку повномасштабної агресії РФ, втратили частину територій, оговталися, повернули частину територій, адаптувалися до потреб війни та увійшли у період війни на виснаження. Щоправда, ще рано говорити про кінець війни, попереду - не менші виклики, адже перемогти у війні - це лише одна задача, яка нині стоїть перед нами. Інша задача - перемогти у боротьбі за післявоєнний мир. Іншими словами, здобути не просто військову, але й гуманітарну перемогу.

Відбудова України: як виглядатимуть відновлені українські міста після війни. Відбудова України - процес, який розпочався із початком повномасштабної війни і триває паралельно з новими руйнуваннями, яких завдає Росія під час бойових дій та внаслідок обстрілів усієї території країни.

Експерти вважають, що цей процес, попри брак ресурсів, є необхідним, оскільки він дає можливість людям залишатися в країні і виживати в умовах повномасштабної війни.

Маріуполь. Про відбудову міста, де 90% житлового фонду було знищено чи пошкоджено внаслідок російських бомбардувань та обстрілів, почали говорити ще навесні 2022 року. Попри те, що Маріуполь все ще перебуває в окупації, експерти вважають, що думати про його відбудову не зарано. На сьогодні вже існує як мінімум чотири концепції відбудови Маріуполя.

Ірпінь. Відбудова Київщини почалася одразу ж після деокупації збройними силами України навесні 2022 року. На Київщині в процесі чи реалізації перебуває понад 580 проєктів відновлення. А на початок 2024 року тільки в Ірпені залучили на будівництво та ремонт будинків понад 1 млрд гривень.

Гостомель. Про можливості для майбутнього дітей дбають автори концепції відновлення ліцею у Гостомелі, який внаслідок російської агресії був зруйнований на 70%. Проєкт назвали «Школа майбутнього». Різноманітні відпочинкові зони для дітей - один з пріоритетів проєкту, їх намагалися зробити максимально відмінними від радянських рішень, які лишилися у спадок багатьом українським школам.

Харків. Місто Харків є наразі серед переліку тих українських міст і регіонів, які зазнали і зазнають надалі найбільших руйнувань. Більш ніж п'ять тисяч житлових будинків у Харкові були зруйновані або пошкоджені унаслідок російської агресії, значна частина житлового фонду, за словами мера, непридатна до відновлення. Та попри три роки постійних російських обстрілів, тут все одно намагаються проводити відновлювальні роботи.

Післявоєнне відновлення України є ключовим завданням, яке визначить майбутнє держави. Війна принесла величезні руйнування, проте вона також зміцнила національний дух і прагнення до розвитку. Після завершення війни Україна матиме унікальний шанс побудувати нову, сучасну та економічно сильну країну.

Вже через кілька місяців після початку масштабного вторгнення Росії, українські архітектори та урбаністи почали працювати і над довгоперспективними планами, які Україна планує реалізувати після війни.

Концепція від Ro3kvit. Концепція від Ro3kvit - українська команда з підтримкою іноземних фахівців, яка наполягає на екологічності відбудови.

Автори проєкту вважають, що варто інвестувати в розвиток екологічно чистих галузей промисловості, зелені технології.

«Особливу увагу також треба приділити переробці уламків будівельних конструкцій і промислових відходів та відновленню порту, який відіграватиме стратегічно важливу ролі у відбудові східних регіонів», - кажуть урбаністи.

Ще у травні 2022 року президент України Зеленський запропонував країнам-союзникам взяти шефство над постраждалими внаслідок російських атак регіонами України. «Це буде найбільший проєкт нашого часу: економічний, технологічний, національний і, головне, світоглядний. Це дозволить створити мільйони зв'язків у демократичному світі. Кожні місто,

громада, галузь, які будуть відбудовані, матимуть історичне свідчення про те, хто допомагав», - сказав тоді Зеленський.

На заклик нашого президента відгукнулися 30 країн.

Позиція Володимира Зеленського - відбудовувати зараз, а не чекати завершення війни.

Досвід відновлення країн: чого може навчитися Україна

Відновлення країни після війни або кризи є складним і багатогранним процесом, що вимагає зусиль не лише уряду, а й усього суспільства. Україна сьогодні стикається з важливим завданням відновлення після руйнівних наслідків війни. Досвід інших країн, що пережили подібні виклики, може бути корисним для розбудови сучасної, міцної та процвітаючої держави.

Процес відновлення охоплює економічний розвиток, реформу державних інституцій, інфраструктури, освіти, науки, залучення інвестицій та зміцнення безпеки. Україна може використати досвід інших країн, адаптуючи його до своїх реалій.

Попри значні збитки (понад \$480 млрд), Україна вже запозичує ефективні практики, такі як залучення громадськості (30% у комісії «Відновлення») та критерії оцінки потреб відбудови за принципом «краще, ніж було».

Ключові рекомендації для України:

- ✓ Залучення громадськості (досвід Іраку).
- ✓ Податкові преференції для деокупованих територій (Хорватія).
- ✓ Перехід до стійкої системи управління відновленням (США).
- ✓ Зміцнення місцевого самоврядування (Хорватія).

Ось декілька прикладів відновлення розвинених країн світу і висновки з них для України:

1. Досвід Німеччини: економічне диво

Після Другої світової війни Німеччина була зруйнована, а економіка перебувала в занепаді. Проте завдяки Плану Маршалла, ефективним реформам та активному залученню інвестицій країна змогла швидко відновитися.

Основні уроки для України:

- створення сприятливого інвестиційного клімату;
- боротися з корупцією та забезпечувати прозорість влади;
- інвестувати у виробництво та розвиток технологій;
- державна підтримка малих і середніх підприємств;
- реформування податкової системи для залучення капіталу;
- стимулювання експорту та диверсифікація економіки.

2. Південна Корея: ставка на освіту та інновації

Після Корейської війни країна була вкрай бідною, але завдяки значним інвестиціям у науку, технології та освіту вона перетворилася на одного з економічних лідерів світу.

Важливі висновки для України:

- освіта та професійна підготовка є ключовими факторами розвитку;
- держава має стимулювати наукові дослідження та інновації;
- експортно орієнтована економіка може стати рушієм зростання;
- державне сприяння залученню міжнародних корпорацій;
- модернізація системи освіти відповідно до ринку праці.

3. Польща: реформи та інтеграція з ЄС

Польща зазнала значних трансформацій після падіння соціалістичного режиму. Завдяки економічним реформам та членству в Європейському Союзі країна значно покращила рівень життя громадян.

Основні уроки для України:

- проведення структурних реформ;
- євроінтеграція як шлях до покращення стандартів життя;
- використання європейських грантів та програм підтримки;
- енергоефективність та зелена економіка як стратегічний напрямок.

4. Японія: відновлення після катастроф

Японія неодноразово стикалася з масштабними руйнуваннями – як під час Другої світової війни, так і після природних катастроф.

Ключові чинники відновлення:

- використання сучасних технологій у відбудові;
- державна політика довгострокового розвитку;
- впровадження інноваційних енергетичних технологій.

5. Досвід Ізраїлю: виживання в умовах постійної загрози

Ізраїль розвинув сильну економіку та військову стратегію, незважаючи на постійні конфлікти.

Уроки для України:

- розвиток оборонної промисловості;
- підтримка інновацій та технологічних стартапів;
- використання сучасних методів безпеки.

6. Відбудова міст та інфраструктури: міжнародний досвід

Після війни багато країн зосереджувалися на відновленні міст. Важливі аспекти для України:

- урбаністичне планування;
- використання екологічно чистих технологій;
- будівництво соціального житла.

Після Другої Світової війни Європа скористалася дуже вигідною пропозицією США у вигляді Плану Маршалла. На сьогодні існує План Маршалла 2.0 для України.

План Маршалла для України - ініціативи європейських і американських політиків, військових чиновників, прозахідних лобістів, політтехнологів, філософів у створенні програми реформ для України, які покликані вивести державу із економічної зони країн Азії і Східної Європи та наблизити її до

стандартів Західної Європи подібно до Плану Маршалла для Європи після Другої Світової Війни.

Український уряд та міжнародна експертна команда оцінила втілення Плану Маршалла для України в \$765 млрд строком до 2032 року. З них \$65 млрд має бути залучено вже цього року, близько \$300 млрд – на етапі так званого Fast recovery 2023-2026 - з фокусом на соціальну інфраструктуру та інженерні комунікації.

Третя частина плану - Modernisation 2026–2032 роках - близько \$400 млрд, включатиме максимізацію в українській економіці продукції з високою доданою вартістю та мінімізацію «карбонового сліду».

Уже на поточний рік передбачені інвестиції в розмінування 5% території країни, підготовка енергосистеми до зимового періоду та накопичення газу, страхування інвестицій від воєнних ризиків, початок будівництва вантажного коридору до литовської Клайпеди через Польщу, зрештою – ремонт 20 000 пошкоджених війною будинків та будівництво 100 000 нових житлових споруд.

Подальший план інвестицій передбачає появу в Україні впродовж наступних 10 років залізничної інфраструктури європейського стандарту, нових блоків АЕС та орієнтованих на європейський ринок індустриальних кластерів.

Структурно українська візія плану розподілена на 15 сегментів.

До Плану також включено понад \$50 млрд на обороноздатність країни та перезапуск ОПК з фокусом на стандарти НАТО.

Технічно це відбуватиметься через Оборонну технологічну агенцію - аналог американської DARPA, та Оборонний акселератор Diia Tech and Defense - за взірцем Diia City, в екосистемі якого сьогодні в Україні працює більшість ІТ-спеціалістів. Як повідомив міністр оборони України Олексій Резніков, Україна уже стала асоційованим членом програми технологічного співробітництва збройних сил країн НАТО, відповідно має право розробляти та вносити зміни до ключових стандартів НАТО.

Отже, зараз уже чітко можна побачити основні напрямки відбудови нашої країни, деякі уже виконуються, деякі лише у планах, але усі вони є надзвичайно важливими:

1. Європейська інтеграція.
2. Потреба у покращенні якості життя ветеранів та вимушених переселенців.
3. Інституційна архітектура відбудови.
4. Застосування проєктного підходу.
5. Інвестувати в освіту, науку та технології.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://sluga-narodu.com/pryntsy-py-vidnovlennia-u-dosvidi-inshykh-krain-chyi-praktyky-slid-zapozychyty-ukraini/>

2. Електронний ресурс: <https://iaa.org.ua/articles/dosvid-vidnovlennya-krayinchogo-mozhe-navchytysya-ukrayina/>

3. Електронний ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3690887-cim-prisluzitsa-ukraini-svitovij-dosvid-povoennoi-vidbudovi.html>

4. Електронний ресурс: <https://www.radiosvoboda.org/a/vidbudova-ukrayiny-proyekty-vidnovleni-mista-pislya-viyny/32819772.html>

УДК 624

Воробйова І. Ю., студентка групи БД-23-1/11
Кам'янський енергетичний фаховий коледж,
м. Кам'янське, Україна

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА ТА МОДУЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

1. Цифровізація будівництва

Цифровізація будівництва - це інтеграція сучасних інформаційних технологій в усі етапи життєвого циклу будівлі: від проектування до експлуатації. Впровадження таких технологій, як BIM (Building Information Modeling), дозволяє створювати детальні цифрові моделі будівель, що дає можливість проводити точний розрахунок усіх етапів будівництва та ефективно керувати ресурсами (рис. 1).



Рис.1 – Building Information Modeling

Переваги цифровізації:

Зменшення витрат: цифрові моделі дозволяють виявляти проблеми на ранніх етапах, що мінімізує помилки на будівельному майданчику.

Підвищення точності: кожен елемент будівлі точно розраховується і візуалізується, що знижує ймовірність помилок у проектуванні та зведенні.

Спрощення комунікації: всі учасники проекту мають доступ до єдиної моделі, що полегшує процес обміну інформацією та дозволяє здійснювати контроль за виконанням робіт в реальному часі.

2. 3D-друк будівель

Однією з найперспективніших технологій є 3D-друк будівель, що дозволяє швидко і ефективно створювати будівельні елементи або навіть ці будівлі за допомогою спеціальних принтерів (рис. 2). Тривимірні форми спочатку проєктуються за допомогою комп'ютерного процесу, для цього потрібно завантажити 3D-модель майбутнього будинку в будь-якому форматі CAD. Програмне забезпечення й обладнання перетворює дані на код,

необхідний для друку будівель. Далі велика друкарська машина за допомогою системи автоматичного замішування, підготовки та подачі суміші формує фундаменти, стіни, колони, сходи, а також інші будівельні елементи. Суміш виготовляється із цементної основи, спеціальних полімерів або переробленого пластику. Так, в автоматизовану систему замішування надходить суха суміш, де вона змішується з водою та додатковими компонентами. Отримана рідка суміш надходить у магістраль принтера, і шар за шаром друкуються елементи будівлі. Для всього процесу достатньо дві людини: одна стежить за роботою принтера, інша - виконує суміжні роботи, наприклад, укладає горизонтальне армування або скляні перемички, з'єднуючи основну стіну із фасадною.

3D-друк будівель має низку переваг:

Швидкість: завдяки автоматизації будівництва, можна значно скоротити час, необхідний для зведення будівлі.

Економія матеріалів: використовується лише необхідна кількість матеріалу, що дозволяє значно зменшити відходи.

Зниження вартості: менша кількість робочих рук, автоматизація процесів і можливість використовувати дешеві матеріали роблять 3D-друк вигідним з економічної точки зору.



Рис.2 – 3D-друк будівель

3. Модульне будівництво

Модульне будівництво - це метод, при якому будівлі складаються з заздалегідь виготовлених модулів, що потім збираються на місці (рис. 3). Цей підхід має низку переваг:

- для виготовлення будинку використовуються сучасні матеріали і технології, які мають низьку тепловіддачу, яка в поєднанні з енергоощадними інженерними системами дозволяє забезпечити комфортний мікроклімат в будь-яку пору року;
- низька вартість - завдяки простій технології та недорогим будматеріалам ціна на модуль майже в два рази нижча, ніж на бетонні або цегляні аналоги;

- технологія дозволяє заселятися в будинок відразу після завершення монтажних робіт, адже будівля не вимагає усадки;
- швидкість виготовлення в більшості випадків обмежується 7-8 тижнями з дня покупки проекту модульного будинку;
- висока мобільність конструкції – можливість транспортування з одного місця на інше і проведення вторинної збірки без втрати якості функціонування;
- поєднання пластичності та міцності надає модульній конструкції підвищену стійкість до сейсмічних коливань і сезонних зрушень ґрунту. Завдяки цим властивостям, побудувати модульний будинок можна навіть на ділянках з проблемною ґрунтовою структурою чи складним рельєфом місцевості;
- відсутня необхідність в дозвільній документації, хоча, якщо є бажання, нерухомість можна оформити.



Рис.3 – Модульне будівництво

4. Зелені будівлі та сталий розвиток

Цифровізація та модульне будівництво можуть бути успішно поєднані з концепцією зелених будівель (рис. 4). Вони включають використання екологічно чистих матеріалів, енергозберігаючих технологій та систем, що знижують негативний вплив на навколишнє середовище. Для розвитку «зеленого» будівництва на Україні інвесторам необхідний фактор мотивації. В цьому і полягає головна проблема. Розвиток «зеленого» будівництва має підтримуватися на державному рівні. Проекти «зелених» будівель повинні мати деякі пільги перед «традиційними». «Зелені» об'єкти нерухомості принесуть чималу вигоду Україні. У них є дві конкретні переваги: енергетична незалежність і комфортні умови для роботи і проживання людей.

Реальністю сучасного життя українських міст є забруднене атмосферне повітря і величезна кількість побутових відходів. Щоб вирішити цю нагальну проблему необхідно популяризувати в країні «зелене» будівництво, основним

принципом якого є досягнення енергоефективності при будівництві житлових об'єктів нерухомості. Використання «зелених» стандартів дозволяє оцінювати ступінь відповідності будівель принципом енергоефективності. Крім того, «зелене» будівництво дає стимул для розвитку економіки і бізнесу в країні. Головним досягненням інноваційних технологій є поліпшення якості життя людей і стану навколишнього природи.



Рис.4 – Зелені будівлі

5. Перспективи розвитку

У майбутньому ми можемо очікувати ще більше застосування таких технологій, як автономні будівельні роботи за допомогою роботів та дронів, що дозволять автоматизувати ще більше процесів. Окрім того, інтелектуальні системи управління будівлями на основі AI та IoT допоможуть оптимізувати споживання енергії, покращити безпеку та комфорт.

Висновок: Цифровізація будівництва та модульні технології відкривають нові горизонти для розвитку будівельної галузі. Вони дозволяють будувати швидше, дешевше та ефективніше, з меншим впливом на навколишнє середовище. Враховуючи важливість сталого розвитку та технологічних інновацій, ці технології мають стати основою для майбутнього будівництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Електронний ресурс: <https://budynok.com.ua/ua/green-building-in-ukraine-prospects>.
2. Електронний ресурс: <https://tkstandart.com.ua/novyny/modulne-budivnictvo-vimoga-suchasnogo-zhittja-chi-skorominuchij-trend/>.
3. Електронний ресурс: <https://pragmatika.media/skorochennia-vytrat-ekonomiia-chasu-ta-zmenshennia-vidkhodiv-chy-mozhe-3d-druk-zminyty-arkhitekturu-zhytlovykh-budynkiv/>.
4. Електронний ресурс: <https://dedalsoft.com.ua/blog/tsifrovizatsiya-budivelnnoi-galuzi>.

УДК 69.003

Брунеллі Р., студент групи. ПЦБ-22-4,
Лазарєв Р. В., студент групи. ПЦБ-22-2,
*Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська
державна академія будівництва та архітектури»
м. Дніпро, Україна*

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОШТОРИСІВ ЗАСОБАМИ BIM ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗМЕНШЕННЯ КОРУПЦІЙНИХ РИЗИКІВ У БУДІВНИЦТВІ

Будівництво як галузь є однією з найбільш вразливих до корупційних схем, особливо на етапі формування кошторисної документації. Зазвичай саме на цьому етапі відбуваються завищення вартості матеріалів, маніпуляції з обсягами робіт, приховане дублювання витрат тощо. За даними Transparency International, до 30% витрат у будівельних проектах можуть бути пов'язані з корупційними втратами.

Сучасні цифрові технології, зокрема інформаційне моделювання будівель (BIM - Building Information Modeling), дають змогу значно підвищити прозорість, автоматизувати процеси, зменшити вплив людського фактору та запровадити ефективний контроль за витратами. Особливо це стосується автоматизації кошторисної документації - одного з ключових напрямків, де BIM демонструє високу ефективність у боротьбі з корупцією.

Проблематика традиційного підходу до кошторисів

У традиційних будівельних процесах кошторисна документація створюється окремо від проектної. Це призводить до декількох проблем:

- Розрив між проектом і кошторисом: інженери-проектувальники розробляють креслення, а кошторисники - незалежно розраховують вартість. Це створює простір для маніпуляцій.
- Складність перевірки: у великих проектах, де сотні позицій, виявити невідповідності вручну майже неможливо.
- Паперова або фрагментована цифрова форма: дані легко підробити, дублювати чи приховати.

У такому середовищі створюються умови для поширення корупційних практик: завищення обсягів, включення зайвих позицій, "роздуті" витрати на матеріали та техніку.

BIM як інструмент автоматизації кошторисів

BIM - це не просто 3D-модель будівлі, а інформаційне середовище, в якому зберігається вся інформація про об'єкт: геометрія, матеріали, вартість, технічні характеристики, графіки робіт тощо. Однією з найпотужніших функцій BIM є автоматизоване формування кошторису на основі моделі.

Основні можливості BIM у кошторисуванні:

1. Кількісні відомості (Quantity Takeoff) - BIM автоматично обчислює обсяги матеріалів, елементів конструкцій та обсягів робіт.

2. Зв'язок з базами даних вартості - програми BIM (наприклад, Autodesk Revit у поєднанні з CostX або Navisworks) дозволяють прив'язувати ціни до елементів моделі.

3. Оновлення в реальному часі - будь-які зміни в проекті автоматично оновлюють кошторис.

4. Прозорість історії змін - кожна зміна у кошторисі фіксується, що унеможливорює приховані редагування.

Як автоматизація кошторисів знижує корупційні ризики:

1. Унеможливлення ручного втручання в обсяги.

Автоматичний розрахунок кількості матеріалів без участі людини усуває один із головних корупційних ризиків - завищення обсягів. Наприклад, якщо модель будівлі містить 120 куб. м бетону, програма не дозволить внести іншу цифру без зміни геометрії.

2. Формування звітності для перевірки.

BIM дозволяє швидко формувати звіти з деталізованими позиціями, які можуть бути надані аудиторам, замовникам, громадськості. Це створює прозорість на кожному етапі.

3. Контроль витрат у реальному часі.

Будь-яке оновлення моделі автоматично змінює кошторис. Наприклад, зміна типу дверей миттєво оновлює їхню вартість. Це мінімізує ризики «випадкового» завищення вартості.

4. Збереження історії змін.

Кожна зміна в проекті та кошторисі фіксується із зазначенням автора, часу та змісту. Це унеможливорює несанкціоновані правки та дозволяє відстежити всі дії.

5. Уніфікація підходу.

Використання BIM дозволяє впровадити єдину структуру для всіх проектів - це особливо важливо для державних замовлень. Уніфікація ускладнює махінації на локальному рівні.

Приклади ефективності Малайзія

Малайзія. У дослідженні ICSEE (2022) було виявлено, що використання ВІМ зменшило втрати через завищення кошторисів на 30-40%. Найбільшу ефективність показало автоматизоване створення quantity takeoffs, яке зменшило маніпуляції з обсягами.

Сінгапур. Будівельна адміністрація Сінгапуру впровадила ВІМ як обов'язковий стандарт для всіх державних проєктів. Результатом стало зменшення фіктивних витрат на 15% вже у перший рік після впровадження.

Приклади ефективності Велика Британія.

У звіті уряду Великої Британії (2020) зазначено, що автоматизований контроль кошторисів за допомогою ВІМ зменшив надлишкові витрати на 20% та дозволив вчасно виявити неузгодженості, які могли б стати джерелом корупції.

Проблеми впровадження

Незважаючи на переваги, впровадження ВІМ у кошторисування стикається з кількома бар'єрами:

- Нестача фахівців - далеко не всі кошторисники вміють працювати з ВІМ-програмами.
- Відсутність єдиних нормативів - в Україні поки немає узгодженого стандарту на використання ВІМ у кошторисній справі.
- Початкові витрати - впровадження програмного забезпечення потребує інвестицій.

Висновки.

ВІМ-технології дають змогу автоматизувати створення кошторисної документації, знижуючи ризики корупції через:

- виключення людського фактору з процесу обчислення обсягів робіт;
- прозору звітність з повною історією змін;
- контроль відповідності між проєктом і кошторисом у режимі реального часу;
- уніфікацію структури кошторисної документації.

Для ефективного використання цих можливостей в Україні необхідно:

1. Запровадити ВІМ як обов'язковий стандарт у державному будівництві.
2. Розробити нормативну базу для автоматизованого кошторисування.
3. Підготувати фахівців нової генерації: інженерів, кошторисників, менеджерів проєктів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ibtisam Azwani Mat Ya'acob et al. The usage of BIM towards reducing unethical issues in the Malaysian construction industry. ICSEE 2022.,
2. UK Government. BIM Level 2 Mandate: Cost Savings Analysis. 2020.,

3. Building and Construction Authority (BCA) Singapore. BIM e-Submissions. 2021.,
4. Charef et al. Building Information Modelling adoption in the European Union. Journal of Building Engineering, 2019.,
5. Transparency International. Global Corruption Report: Construction Sector. 2021.

UDC 621.383

Drahan M. D., student of the group 141-23-1
Scientific adviser: Lysenko O. G., PhD, Associate Professor
Dnipro University of Technology,
Dnipro, Ukraine

INTEGRATION OF LSCs INTO NEW AND EXISTING BUILDINGS

A luminescent solar concentrator (LSCs) is a device for concentrating radiation, in particular solar radiation, for the purpose of generating electricity. Luminescent solar concentrators work on the principle of collecting radiation over a large area, converting it by means of luminescence (in particular, fluorescence) and directing the generated radiation to relatively small photovoltaic solar cells at the edges [1].

LSCs have been a significant scientific breakthrough since their creation in 1977, and their active research began in the 1980s as a replacement for expensive solar cells. When the cost of photovoltaics (PV) dropped significantly in the 2010s, research gained global momentum again.

These concentrators are virtually colorless, which is the key to their integration into buildings. And although their efficiency may be lower than that of standard solar panels, the scale available for installation can sufficiently justify the difference.

These panels are an important step up from traditional solar panels in that they absorb ultraviolet and infrared light, which are invisible to the human eye, while transmitting visible light. This allows them to capture energy while maintaining the transparency needed to integrate into surfaces such as windows or facades. These panels are designed to be invisible, making them ideal for integration into urban environments where aesthetics and space utilization are critical [2].

Now let's define the actual parameters of the windows. For glass/plastic windows (conventional), a thickness of 2 to 6 mm is used and the dimensions practically do not play a role, in our case, when using concentrators instead of windows, many factors need to be taken into account: 3 mm thickness provides high transparency (70-80%), but reduces the volume of the light layer, which reduces energy efficiency; 6 mm and more improves light absorption and light concentration at the edges, but reduces transparency to 50-60%, so it is worth starting from such limits as 3-4 mm to ensure a golden mean of efficiency. But in order not to lose a useful percentage of efficiency, you can go further and change the usual window position to a wider one. Yes, perhaps for high-rise buildings in highly urbanized areas, this will not add any energy priority, since neighboring high-rise buildings greatly interfere with the light reaching the concentrators, but if you use this approach in country houses or in combination with greater access to sunlight, it fully justifies the costs.

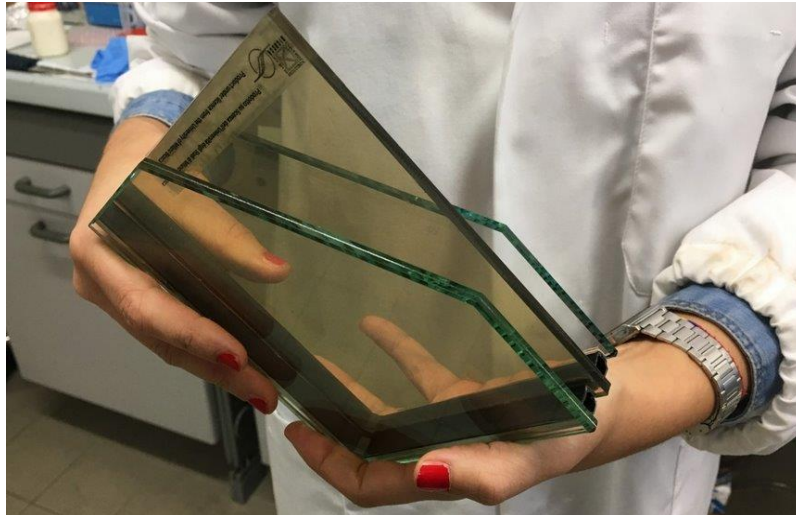


Figure 1 – Principal view [3].

In this way it is possible to equip transparent roofs on some buildings, such as train stations or factories, or to equip greenhouses, making them almost autonomous.

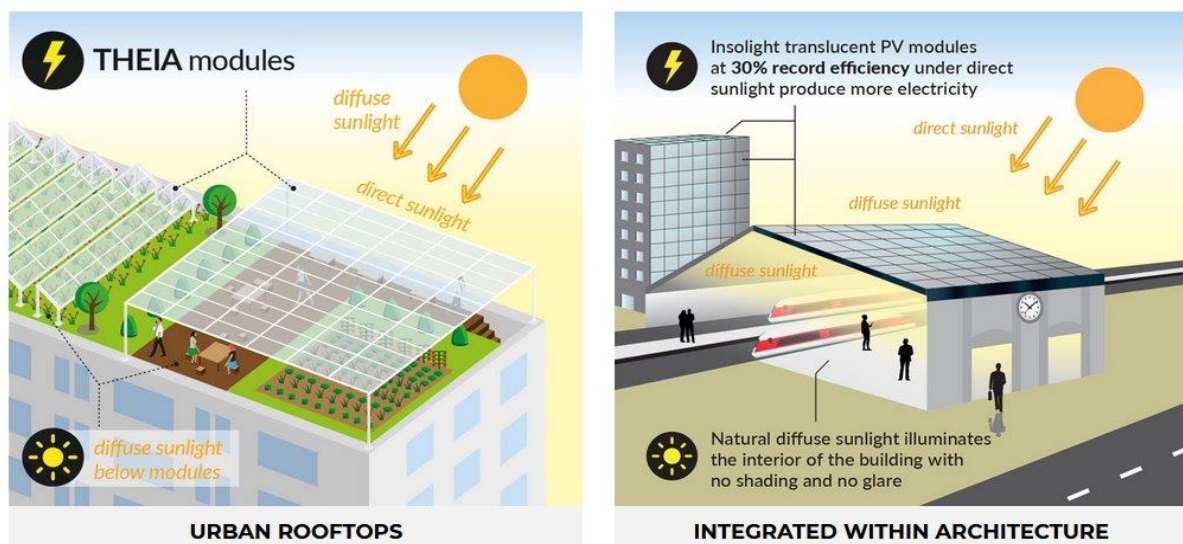


Figure 2 – Examples of such integration [4].

For example, in this way it is possible to equip transparent crises on some buildings such as train stations or factories, or to equip greenhouses, making them thus practically autonomous. This principle is used in an agro-voltaic system based on Insolight products has been deployed at a large pilot plant in Valais, Switzerland. The project was developed jointly by the company's partners, the Swiss research institute Agroscope and Romande Energie. The area of the installation is 165 m², and raspberries and strawberries are grown on the site. In this configuration, Theia modules based on optical micro-tracking technology are said to offer dynamic light control for plants while ensuring stable solar energy production. The new Theia concentrator-powered solar panel (CPV) has a rated power of 106 W and a power conversion efficiency of 20.1%. For comparison, the module previously developed by

Insolight had an efficiency of 30% and an output power of 160 W. The module measures 1141 x 595 x 50 mm and weighs 15 kg. The no-load voltage is 44.8 V and the short-circuit current is 3.0 A. Its frame is made of anodized aluminum alloy and the junction box has an IP 67 protection rating. The module is reported to be as easy to install as conventional panels and can be used at operating temperatures from -40 °C to 85 °C. The temperature power factor is -0.32% per degree Celsius. The solar cells are covered with protective glass and optical lenses that concentrate sunlight on them [4].

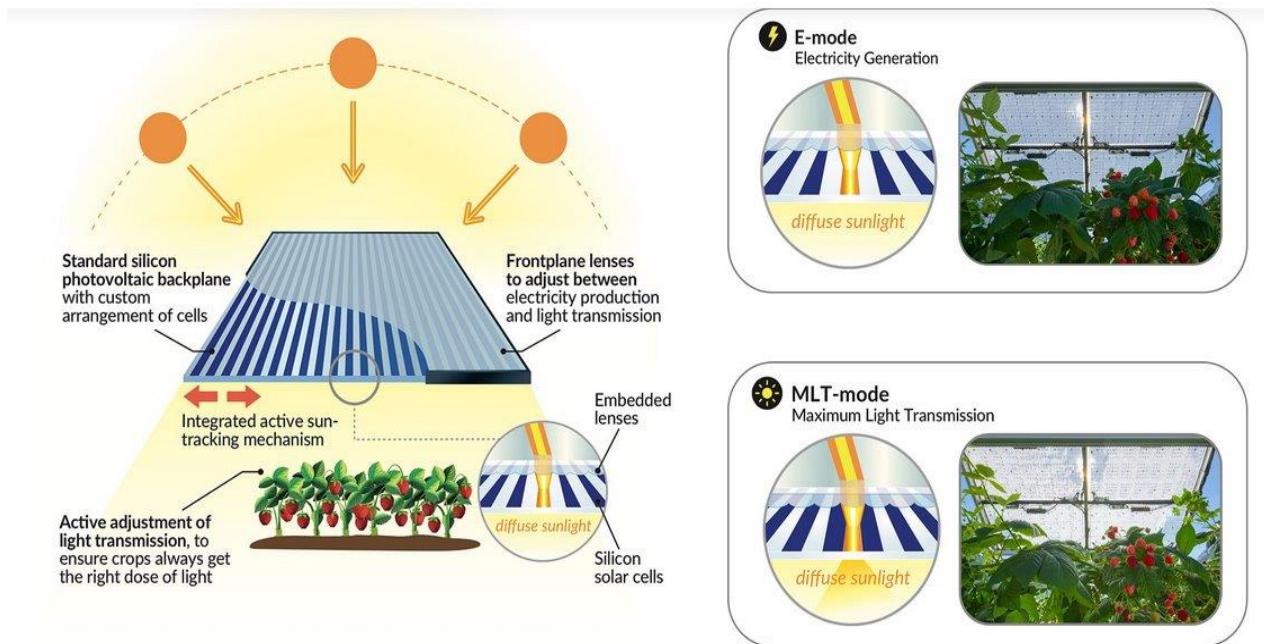


Figure 3 – Examples of integration [4].

And although the embodiment in this example is somewhat different (using crystalline silicon as a material due to its lower cost), the basic idea is still great for fluorescent concentrators.

Bringing these solutions to market could mean a radical change in how we envision building windows, allowing both natural light and energy production. [2]

Unfortunately, fluorescent concentrators have both advantages and disadvantages.

The advantages include:

- They can be installed on windows, facades, and other surfaces, which gives them great potential in densely populated urban areas and especially in suburban areas.
- They allow you to generate electricity without requiring large spaces or bulky installations, using existing surfaces such as windows.
- They reduce the amount of direct solar radiation entering buildings, helping to regulate indoor temperatures and reducing the need for air conditioning.

- With an estimated lifespan of 25 years, they offer a reliable source of renewable energy with lower maintenance needs [5].

Disadvantages:

- Quite high cost. Currently, the production price of these panels is significantly higher than conventional solar panels, which may be an obstacle to adoption, although this is expected to change as the technology develops.

- They require constant maintenance: Because they are often exposed to the public, they can accumulate dirt and dust, which reduces their ability to generate electricity.

- They are not available on the mass market [5].

To summarize, we can say that luminescent solar concentrators are profitable enough to be further studied and investigated in more detail. They can be directly connected to existing photovoltaic converters and do not require modification of the photovoltaic converter electronics. Photovoltaic conversion in PV allows for customization to better match the response of the PV converter and can offer new perspectives for innovative product design ideas. The most important strategy for moving research and applications toward industrialization will require establishing certain standards for measuring their performance, as has been done for PV cells. Creating roadmaps for expected performance for different applications should facilitate their industrialization [6].

LIST OF REFERENCES

1. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Luminescent_solar_concentrator

2. URL:

<https://uk.renovablesverdes.com/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%96-%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D1%96-%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%96/>

3. URL: <https://www.advancedsciencenews.com/solar-concentrators-are-turning-glass-into-clean-energy-generators/>

4. URL: <https://ecotechnica.com.ua/uk/energy/solntse/prozrachnye-solnechnye-paneli-s-kontsentratorami-s-kpd-20-1-novyj-produkt-insolight-dlya-agrovoltaiki>

5. URL:

<https://uk.renovablesverdes.com/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%96-%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D1%96-%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%96/>

6. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211285523001052#bib15>

УДК 711:338

Назаренко Я. С., студентка групи 192-23-1

Науковий керівник: Хозяйкіна Н. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» м. Дніпро, Україна

РЕГЕНЕРАЦІЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ: ЯК АРХІТЕКТУРА МОЖЕ ВІДПОВІДАТИ ВИМОГАМ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ УГОДИ

На початку ХХІ століття людство стикається з серйозними екологічними, соціальними та економічними викликами. Одним із найгостріших питань сучасності є зміна клімату, що супроводжується зростанням середньої температури, екстремальними погодними явищами, забрудненням довкілля та втратою біорізноманіття. Відповіддю на ці виклики стала Європейська Зелена Угода (ЄЗУ) (European Green Deal) - стратегічна ініціатива Європейського Союзу, прийнята у 2019 році, яка визначає комплекс заходів для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року[1].

Міста, як центри концентрації населення, ресурсів та інфраструктури, відіграють ключову роль у реалізації цілей цієї угоди. Саме міські території є головними споживачами енергії, джерелами викидів парникових газів і просторами, що найбільше піддаються антропогенним навантаженням. Водночас міста є простором інновацій, соціальних змін і архітектурного експерименту. Тому оновлення міського середовища згідно з принципами сталого розвитку - це необхідний крок у напрямку до екологічно безпечного майбутнього.

Тому, метою є розгляд того, як сучасна архітектура може відповідати вимогам Європейської Зеленої Угоди через практики регенерації міських територій. У центрі уваги - принципи сталого дизайну, інноваційні підходи до проектування, приклади з європейського досвіду, а також перспективи для українських міст у контексті євроінтеграції та післявоєнного відновлення.

Регенерація міських територій - це комплексний процес оновлення, відновлення та трансформації міського простору, спрямований на повернення функціональності, соціальної значущості та екологічної рівноваги певним ділянкам міста, які втратили свою актуальність або перебувають у занепаді.

Йдеться не просто про фізичну реконструкцію чи нове будівництво, а про глибоке переосмислення ролі цих територій у структурі міського життя, з урахуванням сучасних соціальних, екологічних та економічних викликів.

У багатьох містах світу, зокрема й в Україні, існують великі ділянки колишніх промислових зон, застарілих житлових кварталів, недобудов, пустирів або занедбаних інфраструктурних об'єктів. Такі території часто мають вигідне розташування - поблизу центрів міст або транспортних вузлів – але не

виконують жодної продуктивної функції, іноді навіть становлять екологічну чи соціальну загрозу. Регенерація передбачає перетворення таких зон на активні, комфортні, сталого типу міські простори.

Важливою рисою регенерації є її мультидисциплінарний характер. У процесі беруть участь не лише архітектори та урбаністи, але й екологи, економісти, соціологи, історики, громадськість і місцева влада. Успішна регенерація враховує історичний контекст, потреби мешканців, культурну спадщину, екологічні обмеження та інноваційні можливості.

Основні цілі регенерації міських територій:

- екологічна: відновлення природних екосистем, зменшення викидів, адаптація до змін клімату;
- соціальна: підвищення якості життя, забезпечення доступного житла, створення інклюзивного середовища;
- економічна: стимулювання місцевої економіки, залучення інвестицій, розвиток нових функцій території (житло, бізнес, культура, туризм);
- культурна: збереження і переосмислення ідентичності місця, інтеграція історичної спадщини в сучасний простір.

Сучасна регенерація все частіше відбувається за принципами сталого розвитку та кліматично орієнтованого урбанізму, що цілком відповідає завданням Європейської Зеленої Угоди. Йдеться про інтеграцію зеленої інфраструктури, децентралізованих енергосистем, екологічних матеріалів, «розумних» технологій і рішень, орієнтованих на потреби громади.

Європейська Зелена Угода - це політична програма, представлена Європейською комісією 11 грудня 2019 року під керівництвом Урсули фон дер Ляєн. Її головною метою є досягнення кліматичної нейтральності Європейського Союзу до 2050 року. Цей документ заклав основу для масштабного перетворення європейської економіки, енергетики, сільського господарства, транспорту, промисловості та урбаністики з акцентом на сталість, інновації та захист довкілля [2].

Міські території є одними з ключових об'єктів реалізації цієї політики, оскільки [3]: понад 75 % громадян ЄС живуть у містах (дані Євростату, 2020); міста споживають приблизно 70 % енергії; міста є джерелом понад 60 % викидів парникових газів.

Адаптація міст до нових екологічних стандартів – критично важлива для успіху Зеленої Угоди. ЄЗУ встановлює амбітні та комплексні цілі, які стосуються кожного аспекту життя сучасного міста – від енергоспоживання та транспорту до екології та інклюзії. Архітектори, урбаністи та муніципальні управлінці відіграють ключову роль у тому, щоб ці цілі були не лише формально задекларовані, але й втілені на практиці через трансформацію міських просторів - сталу, функціональну, інноваційну та справедливую.

Енергоефективність та NZEB (Будівлі з майже нульовим енергоспоживанням) [4].

Один із головних викликів у містах - зниження енергоспоживання будівель, які є найбільшими споживачами енергії в ЄС. Архітектура має враховувати: пасивні енергозберігаючі рішення; орієнтація за сторонами світу, теплоізоляція, природна вентиляція; високоефективні системи опалення, охолодження та освітлення; інтеграція відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, теплові насоси, сонячні колектори); енергетичне моделювання ще на стадії проектування.

У ЄС із 2021 року всі нові будівлі зобов'язані відповідати стандарту NZEB, а з 2030 року - бути будівлями з нульовими викидами.

Будівельна індустрія продукує до 30-35% всіх відходів у ЄС. Тому архітектура повинна: використовувати локальні, біорозкладні, вторинно перероблені матеріали; проектувати з урахуванням майбутнього демонтажу та повторного використання елементів; надавати перевагу дереву, пресованому бамбуку, глині, конопляному бетону, композитам з біоволокон; зменшувати вуглецевий слід матеріалів - як у виробництві, так і у транспортуванні.

За ініціативою ЄС (Level(s) - рамкова система оцінки сталості), архітектурні проекти оцінюють за життєвим циклом будівлі, включаючи викиди CO₂ від виробництва матеріалів.

Сталий простір - це простір, що може змінюватися з часом без втрати функціональності. Архітектура має бути адаптивною: дозволяти зміну функцій (наприклад, офіс - у житло); бути готовою до нових викликів (пандемії, кліматичні кризи, соціальні трансформації); сприяти довготривалій експлуатації без істотної модернізації.

У 2020-2022 роках пандемія COVID-19 показала необхідність гнучких просторів - робочих, житлових, медичних - і адаптивної інфраструктури (наприклад, тимчасові клініки, мобільні громадські простори).

Біофілійний підхід полягає у гармонійній інтеграції природи в архітектуру. Це включає: зелені дахи і фасади, живі стіни; внутрішні дворики, водні елементи; природне освітлення та вентиляцію; створення комфортного мікроклімату.

Кліматоадаптація - це здатність архітектури протистояти зміні клімату: водозбір та використання дощової води; захист від перегріву та затоплень; стійкі до спеки матеріали та озеленення.

Європейська стратегія адаптації до зміни клімату (2021) рекомендує архітекторам включати «nature-based solutions» у всі етапи проектування.

Архітектура має виходити за межі окремої будівлі - і формувати зв'язок з ландшафтом, міською екосистемою: створення пішохідних і велосипедних маршрутів через озеленені зони; відновлення водойм, боліт, зелених коридорів для біорізноманіття; рекультивація постіндустріальних ділянок.

У межах стратегії «EU Biodiversity for 2030» [5], ЄС зобов'язує міста інтегрувати зелені зони у щільну забудову, зокрема через «зелений каркас міста».

Архітектура повинна: враховувати потреби різних груп населення - людей з інвалідністю, літніх, дітей; створювати простори співжиття та участі: дворики, громадські сади, відкриті школи; сприяти соціальній інтеграції - через дизайн середовища, що об'єднує, а не сегрегує.

Ініціатива New European Bauhaus (запущена у 2021 році) закликає архітекторів поєднувати екологічність, естетику та інклюзію як три рівноправні складові сучасного міського дизайну.

Будівлі мають бути розумними, ефективними та гнучкими: використання BIM (Building Information Modeling) для точного проєктування; системи управління енергією (smart grids); автоматизовані системи клімат-контролю, безпеки, освітлення.

ЄС підтримує цифрову трансформацію через програми Horizon Europe та Digital Europe Programme, які фінансують «розумне» містобудування та архітектуру [6]. Ці проєкти демонструють, як регенерація старих або занедбаних міських територій може бути екологічно сталою, функціональною та соціально справедливою, відповідаючи не лише технічним нормам ЄЗУ, а й формуючи нову якість життя в містах.

Україна, перебуваючи на шляху до інтеграції в Європейський Союз, бере на себе зобов'язання впроваджувати принципи Європейської Зеленої Угоди (ЄЗУ). У сфері міської регенерації це відкриває нові можливості, але й висуває серйозні виклики, що наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Виклики та перспективи регенерації міських територій в Україні

Категорія	Пункт	Стислий опис
Ключові виклики	Застаріла інфраструктура	Будинки 1950–80-х років потребують енергоефективної реконструкції
	Низька енергоефективність	Будівлі споживають понад 40% енергії; NZEB майже не застосовується
	Відсутність сталої політики	Імплементация стратегій затримується через брак ресурсів
	Наслідки війни	Руйнування та міграція ускладнюють довгострокове «зелене» планування
	Низька участь громад	Партисипація нова для міст; бракує досвіду в ухваленні рішень
Перспективи та можливості	Відбудова як трансформація	Шанс побудувати нові міста за принципами ЄЗУ
	Фінансова допомога ЄС	Програми підтримки сприяють "зеленому" будівництву
	Розвиток архітектури	Нове покоління архітекторів

		впроваджує екологічні стандарти
	Євроінтеграція	Адаптація директив ЄС формує правову базу регенерації
	Підтримка громад	Зростає попит на якісне, безпечне, екологічне середовище

Для України регенерація міських територій відповідно до принципів ЄЗУ - це не просто виклик, а історичний шанс. За умов грамотної політики, міжнародної підтримки й активної участі громад - відновлення може стати перетворенням, яке зробить українські міста сильнішими, стійкішими й сучаснішими.

Регенерація міських територій відповідно до принципів Європейської Зеленої Угоди (ЄЗУ) є важливим кроком для сталого розвитку України. Хоча країна стикається з численними викликами, такими як застаріла інфраструктура, низька енергоефективність, наслідки війни та відсутність сталої державної політики, це також відкриває великі можливості для відновлення. Післявоєнне відновлення може стати шансом для впровадження нових екологічних стандартів, що дозволить зробити українські міста більш стійкими до змін клімату та комфортними для життя.

Завдяки підтримці Європейського Союзу, розвитку локальної архітектурної школи та інтеграції в європейське законодавство, Україна може стати лідером у регенерації сталих міських територій у Східній Європі. Громадська участь, у свою чергу, допоможе реалізувати ці зміни, сприяючи створенню екологічних, безпечних і доступних міських просторів для майбутніх поколінь.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Грод М.І., Зелена фінансова політика як тригер розвитку циркулярної економіки в ЄС, – Інвестиції: практика та досвід. – 2024. № 13. – С. 166-172.
2. Електронний ресурс: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>
3. Електронний ресурс: <https://greendealukraine.org/uk/news/zelena-uhoda-i-viinchy-pid-sylu-ukraini-ievropeiski-klimatychni-zoboviazannia>.
4. Електронний ресурс: <https://ua-energy.org/uk/posts/u-minrehioni-rozroblyly-vymohy-do-budivel-za-standartom-nzeb#:~:text=NZEB%20-%20Nearly%20Zero%20Energy%20Buildings,%20зокрема,%20вітру%20або%20сонця>.
5. Рішення для «зеленого» енергетичного відновлення громад: експертні думки. Путівник для органів місцевого самоврядування і організацій, які працюють над відновленням України внаслідок військової агресії росії / К. Криницький,

Д. Сакалюк, М. Лук'яник, О. Савицький, М. Лук'янова, Ю. Усенко, О. Кисіль, А. Конеченков, О. Карпенко, Ш. Берні. Київ. – ГО Greenpeace, 2024. – 154 с.

6. Повоєнне відновлення міст України: зелена відбудова та зелена трансформація. Ав.кол.: Андрусевич А., Андрусевич Н., Козак З., Романко С. – Аналітичний документ. – Листопад 2022. – 43 с.

УДК 644.1

Саєнко В. Д., студент 192–23–1

Науковий керівник: Гапєєв С. М., д.т.н., завідувач кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,

м. Дніпро, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У БУДІВЛЯХ

Експлуатація будівель становить значну частку від загального споживання первинної енергії у більшості країн внаслідок широкого розповсюдження систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), які встановлюються у відповідь на зростаючий попит щодо покращення теплового комфорту [1]. На сьогодні вже проникнення HVAC-систем у домогосподарства коливається від 5% в Індії до 91% в Японії, де за даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), очікується до 2050 року збільшення пікового електричного навантаження на 45% в країнах з низьким рівнем проникнення систем HVAC [1]. Що викликає занепокоєння щодо управління та енергоефективності цих пристроїв.

Люди проводять від 60 до 90% свого часу у приміщеннях, де на їхній комфорт впливають різноманітні фактори: тепловий, візуальний, акустичний комфорти та якість повітря в приміщенні [1]. Забезпечення оптимального теплового комфорту при мінімальному енергоспоживанні створює типову проблему оптимізації. Перші спроби застосування ШІ для управління будівлями розпочалися у 1990-х роках [1]. З часом відбулася синергія між нейронними мережами, нечіткою логікою та еволюційними алгоритмами, що дозволило створити ефективні системи контролю мікроклімату в будівлях.

Одними з перших методів ШІ стали штучні нейронні мережі (ANN), впроваджених у системи управління мікрокліматом. Ефективно моделюючи складні нелінійні відносини між параметрами середовища та тепловим комфортом [1]. Базові типи нейронних мереж застосованих у HVAC-системах, включають:

- *Прості багатошарові перцептрони (MLP)* - застосовуються для прямого прогнозування та контролю параметрів мікроклімату;
- *Рекурентні нейронні мережі (RNN)* - ефективні для обробки часових рядів, дозволяє враховувати історичні дані про зміни температури та інші параметри;
- *Глибокі нейронні мережі (DNN)* - здатні виявляти складні закономірності у великих наборах даних.

Системи на основі *нечіткої логіки (FLC)* ефективно працюють з неточностями та невизначеностями, притаманних людському сприйняттю

комфورتу. Вони дозволяють застосовувати лінгвістичні змінні та правила («якщо-то»), по типу: «якщо температура та вологість висока, то збільшити швидкість вентилятора», це дозволяє вірно інтерпретувати суб'єктивні вхідні дані та виконувати належні дії [1]. У результаті *адаптивні нечіткі системи*, поєднуючи переваги нейронних мереж із здатністю нечіткої логіки обробляти лінгвістичну невизначеність, показали особливу ефективність у системах управління мікрокліматом, дозволяючи адаптуватися до індивідуальних уподобань користувачів [1].

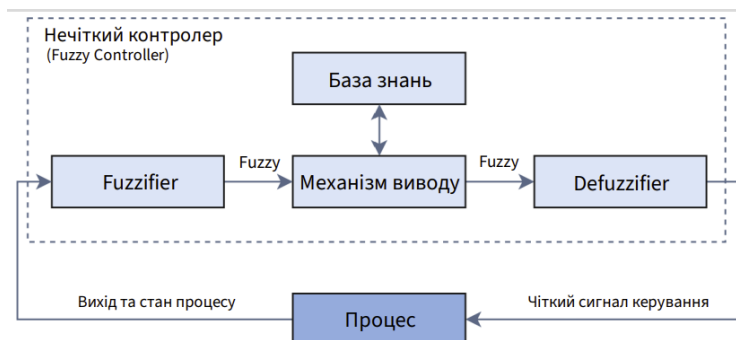


Рис 1 – Схема контролера нечіткої логіки.

Розподілений штучний інтелект (DAI) та мультиагентні системи (MAS) передбачають використання кількох автономних агентів взаємодіючих один з одним. Де кожен агент відповідає за певний аспект комфорту (температура, вологість, якість повітря) або зону будівлі. MAS забезпечують децентралізоване управління, тим самим підвищуючи стійкість системи до відмов та її адаптивність. Особливо корисні у великих будівлях з різними зонами та суперечливими вимогами до комфорту. Системи MACES (Multi-Agent Comfort and Energy System) демонструють співпрацю агентів задля оптимізації як енергоспоживання, так і комфорту в будівлях з кількома приміщеннями [1].

Підсилювальне навчання (Reinforcement Learning, RL) - це тип машинного навчання, де агент навчається приймати рішення, виконуючи дії в середовищі для максимізації певної винагороди. *Глибоке підсилювальне навчання (DRL)* поєднує RL з глибокими нейронними мережами, дозволяючи агентам навчатися безпосередньо з необроблених сенсорних даних та приймати рішення в складних середовищах. Загалом, дані системи сконцентровані на оптимізації стратегій управління HVAC-системами з метою мінімізації енергоспоживання зберігаючи тепловий комфорт, однак друга більш сконцентрована на обробці даних з різних джерел: датчики температури, вологості, якості повітря та присутності.

Прогностичне керування на основі моделі (Model-based Predictive Control, MBPC) використовує модель системи у прогнозуванні її майбутньої поведінки та оптимізацію з урахуванням цих прогнозів. Зазвичай використовується для прогнозування теплової поведінки будівлі та оптимізації роботи HVAC-систем

враховуючи прогнози погоди, тарифи на електроенергію та очікуваної заповненості. МВРС корисні для систем з великою тепловою інерцією, таких як будівлі, ефекти дій управління яких проявляються з затримкою [1].

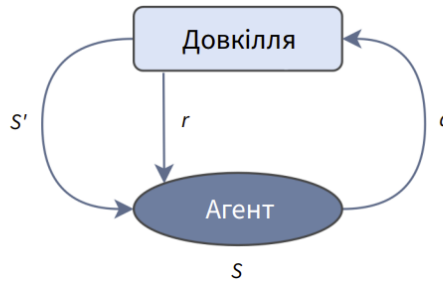


Рис 2 – Ілюстрація загальної структури підсилювального навчання.

Гібридні підходи у своєму сенсі поєднують різні методи ІІІ для подолання обмежень та використання сильних сторін. Наприклад, поєднання ANN з *генетичними алгоритмами* (GA) використовується при оптимізації вагових коефіцієнтів нейронної мережі, а поєднання FLC з GA - для оптимізації функцій належності та правил нечіткої логіки [1].

Одним із успішних прикладів застосування ІІІ в управлінні мікрокліматом є японська система кондиціонування [1]. Вона інтегрує дві нейронні мережі адаптуючи їх до уподобань користувача одночасно оптимізуючи енергоспоживання. Система працює наступним чином:

- Перша нейронна мережа розпізнає шаблони поведінки та уподобання користувача (температура, вологість), аналізуючи історичні дані.
- Друга нейронна мережа діє як контролер, приймаючи рішення про оптимальні налаштування кондиціонера на основі прогнозів першої мережі та поточних умов середовища (зовнішня температура, час доби тощо).

Архітектура системи включає в себе датчики збору даних про внутрішнє та зовнішнє середовище, включаючи температуру, присутність людей тощо. Після дані передаватимуться на обробку ІІІ задля формування команд управління кондиціонером. Випробування показали значне підвищення задоволеності користувачів при одночасному зниженні енергоспоживання на 20-30% [1].

Застосування ІІІ для управління мікрокліматом показує значний потенціал економії енергії. Згідно дослідженням проведеними з 1993 по 2020 роки, в середньому вони дозволяють зекономити енергії від 21,81 до 44,36% [1]. Такі результати досягаються через:

- Точніше прогнозування та оптимізацію роботи HVAC-систем;
- Адаптивне налаштування параметрів відповідно до реальних потреб;
- Усунення надмірного охолодження чи перегріву приміщень;
- Оптимізацію роботи відповідно до патернів використання будівлі.

Суттєва варіативність значень економії енергії звісно залежить від типу будівлі, її кліматичних умов та використаного методу ШІ. Найвищі показники (до 44%) нерідко досягаються при застосування гібридних методів, тобто тих, що поєднують нейронні мережі з генетичними алгоритмами, порівняно з традиційними.

Водночас системи на основі ШІ також забезпечують значне покращення комфорту - в середньому від 21,67 до 85,77% [1]. Воно досягається завдяки більш точному контролю параметрів мікроклімату та здатності систем адаптуватися до індивідуальних уподобань. Покращення комфорту вимірюється через:

- Зменшення відхилень від бажаних температурних умов;
- Скорочення часу досягнення комфортних умов;
- Зниження індексу Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD);
- Підвищення суб'єктивних оцінок комфорту користувачами.

Особливо вражаючі результати (до 85%) спостерігаються при використанні індивідуалізованих моделей систем, які адаптуються до конкретних потреб користувачів.

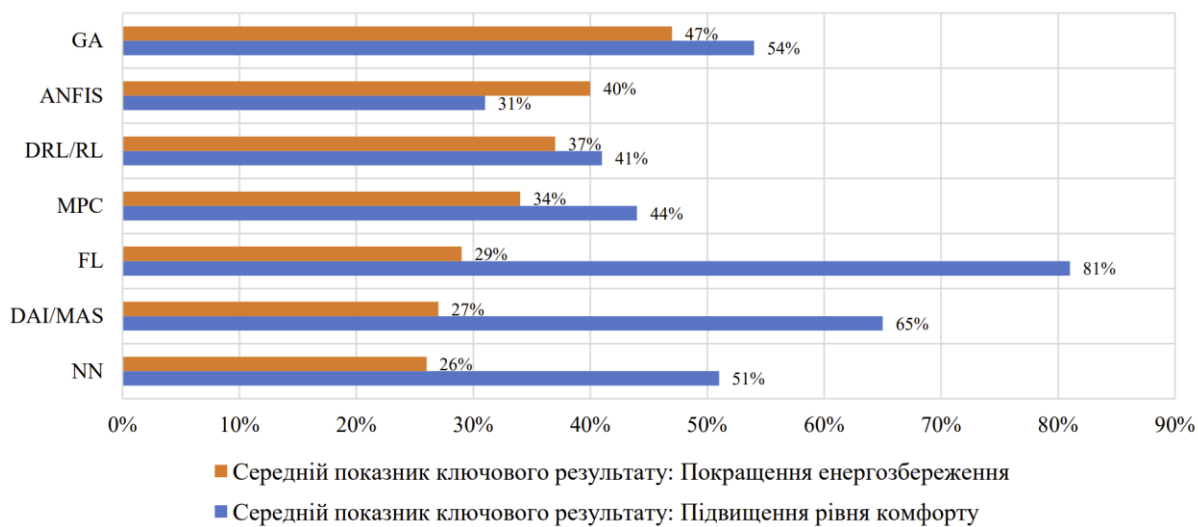


Рис. 3 – Вплив технологій AI/ML на обидва ключові результати

Однак, головна проблема на сьогодні пролягає в тому, що продуктивність ШІ-керування не є повністю задовільною. У звичному розумінні ШІ потребує величезної кількості високоякісних реальних даних, котрих на жаль бракує в будівельному або, точніше, енергетичному секторі [1]. Проблема ускладнюється сьогоднішньою різноманітністю будівель, їх HVAC-систем та режимів експлуатації. Крім того, дані, зібрані в реальних умовах, нерідко містять шуми, пропуски та аномалії, потребуючи додаткової обробки перед їх використанням для навчання моделей.

Ще одним питанням є *інтеграція Інтернету речей (IoT)* у системи управління мікрокліматом. Дане впровадження створить нові можливості збору

даних та управління, однак підвищить ризики безпеки. Розумні пристрої, датчики та актуатори можуть стати точками вразливості кіберзагроз, потенційно впливаючи на функціонування HVAC-систем та комфорт користувачів [1].

Питання стандартизації також залишається актуальним, оскільки різні IoT-пристрої нерідко використовують різні протоколи зв'язку та формати даних, ускладнюючи їх інтеграцію в єдину систему. Надалі важливо зосереджуватися на розробці безпечних архітектур IoT для систем управління будівлями, впровадження методів виявлення та запобігання вторгненням, а також створення механізмів відмовостійкості, які забезпечують безперервну роботу системи навіть у разі компрометації окремих компонентів.

Ще одним перспективним напрямом досліджень є *традиційні моделі комфорту*, такі як PMV. Вони базуються на статистичних даних та не враховують повною мірою індивідуальні відмінності в сприйнятті комфорту. Такі *контекстно-усвідомлені системи* мають враховувати не лише фізичні параметри середовища, але й активність користувачів, їх одяг, фізіологічний стан та навіть емоційні аспекти. Подібні «запроси» потребують розробки нових методів сенсорики та алгоритмів для інтерпретації складних контекстних даних.

Також додатково слід виділити розробку персоналізованих моделей комфорту, які адаптуватимуться до індивідуальних вподобань користувачів з плином часу. Подібні моделі зможуть покращуватися на основі зворотного зв'язку від користувачів [1].

У заключення можна зазначити, що систематичне застосування методів ШІ в контролі мікрокліматом будівель демонструє значний потенціал закриваючи нерідко суперечливі цілі енергоефективності та забезпечення високого рівня комфорту. Подальше впровадження таких систем не лише сприятиме зазначеним цілям, але й матиме вагомий внесок у зниження викидів парникових газів та боротьбу зі змінами клімату. Тому розвиток цієї галузі залишається критично важливим як з технологічної, так і з екологічної точки зору

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ghezlane Halhoul Merabet та ін. Intelligent Building Control Systems for Thermal Comfort and Energy-Efficiency: A Systematic Review of Artificial Intelligence-Assisted Techniques. Квіт. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2104.02214. URL: https://www.researchgate.net/publication/350674171_Intelligent_Building_Control_Systems_for_Thermal_Comfort_and_Energy-Efficiency_A_Systematic_Review_of_Artificial_Intelligence-Assisted_Techniques (дата зверн. 30.04.2025).

Наукове видання

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МАТЕРІАЛИ 18-Ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
(Українською мовою)**

Доповіді подано в редакції авторів.

Відповідальний за випуск С.М. Гапєєв.

Комп'ютерна верстка С.О. Олішевська.

Підготовлено у НТУ «Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842. від 11.06.2004
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.