

Міністерство освіти та науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ
ТА ІННОВАЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

Збірник наукових праць

ВИПУСК 7



28 травня 2026 року

м. Кропивницький

Видається за рішенням редакційної колегії VII Міжнародної науково-технічної Інтернет конференції «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали» та Вченої ради факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету

*Рекомендовано до друку Вченою радою факультету
АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА
Протокол №11 від 29 травня 2026 р.*

В збірнику публікуються наукові статті з питань будівництва і архітектури, спрямовані на науковий пошук, обмін досвідом, впровадження результатів наукових досліджень у практичну діяльність підприємств і установ, установа нових контактів і співробітництва між організаціями та фахівцями.

Збірник розрахований на наукових, інженерно-технічних співробітників підприємств, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів напряму будівництва та архітектури.

Редакційна колегія:

Чеканович М.Г. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету, Заслужений винахідник України; дійсний член Академії будівництва України

Гасенко Л.В. – к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету

Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали: збірник наукових праць. 7-й випуск. – Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2026. – 130 с.

Тексти матеріалів статей подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2026

ЗМІСТ

Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Кульбанський Ю.М. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	6
Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Мельник О. ЕФЕКТИВНІ МІКРОПАЛІ В РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДИНКІВ	10
Mechyslav Chekanovych DURING-TENSIONING METHOD OF PRESTRESSING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES	14
Anton Hasenko, Yaroslav Kryzhanivskiy DIRECTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ACCELERATED RECOVERY AND RENOVATION OF URBAN INFRASTRUCTURE DAMAGED BY MILITARY ACTIONS	18
Andrii Kudlai, Anna Chegrynets FACTORS REGULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF CONTINUOUS HOLLOW-CORE FLOORING SYSTEMS	20
Волошин М.М. МІСЬКЕ КОМУНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ВИРОБНИЧЕ УПРАВЛІННЯ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА МІСТА ХЕРСОНА» МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ	22
Слонь В.В., Козаченко Є.М., Потьомкін Р.О. ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНЕ БУДІВНИЦТВО ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ РЕСУРСІВ	27
Стельмах А.П. МЕТОДОЛОГІЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВАПНЯКОВИХ СХИЛІВ В ІСТОРИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРИЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА УМОВ СИНЕРГЕТИЧНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ТА ВОЄННИХ НАВАНТАЖЕНЬ	31
Чеканович М.Г., Саваєва Є.А. СИНЕРГІЯ САМОРЕГУЛЬОВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	35
Lina Hasenko, Leo Lapidus MODERN AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF SELF-HEALING CONCRETE	39

Демчина Б.Г., Нурманов А.Н. ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАГМЕНТІВ СТІН ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ 3D ДРУКУ	42
Карманець С.В. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВЛАШТУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	47
Козаченко Є.М., Копійка О.О. ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	51
Копійка О.О. СИСТЕМНА ПАРАДИГМА ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ	55
Кравченко В.І. ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	59
Слонь В.В., Кононенко Л.В. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	63
Чепіль Р.Д., Григорчук Г.В. БІОРЕЦЕПТИВНИЙ БЕТОН ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ: ДОСВІД КОМПАНІЇ RESPYRE	67
Корзаченко М. М. ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ТА ЦИФРОВИЙ ПІДХІД У ПІДГОТОВЦІ АРХІТЕКТОРІВ ТА ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ	71
Olena Usachova LANDSCAPING AND GREENING OF RESIDENTIAL COMPLEXES IN URBAN ENVIRONMENTS	75
Вірчак Є.С., Григорчук Г. В. ЕСТЕТИЧНІ ПРИНЦИПИ ЯПОНСЬКИХ МИСТЕЦТВ У ВІДНОВЛЕННІ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ	81
Григорчук Г. В., Моїсєєва Д.С. МАТЕРІАЛЬНО-ФАКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНТЕР'ЄРУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО СПРИЙНЯТТЯ	85

Дарієнко В.В., Карпушин С.О., Слонь В.В. ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ МОБІЛЬНИХ ОПЕРАТОРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАЯТНИКОВИХ МІГРАЦІЙ У МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЯХ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ	89
Зубенко В.О. РОЛЬ ПІДЗЕМНОЇ ЕЛЕКТРОІНФРАСТРУКТУРИ У ФОРМУВАННІ АРХІТЕКТУРНОГО ПРОСТОРУ МІСТА	94
Харламова Л.В. НАЦІОНАЛЬНИЙ МУЗЕЙ В АБУ-ДАБІ ПРИКЛАД ПОЕДНАННЯ СУЧАСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ	99
Харламова Л.В. ПЕРШИЙ УНІВЕРСАЛЬНИЙ МУЗЕЙ ОАЕ І БЛИЖНЬОГО СХОДУ ЛУВР АБУ-ДАБІ	103
Харламова Л.В. СТВОРЕННЯ КУЛЬТУРНОГО КЛАСТЕРА АБУ – ДАБІ	107
Харламова Л.В. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА МУЗЕЇВ (культурний кластер Саадіят Абу-Дабі)	111
Шеметенко Д.Р. ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	115
Ярема У. В., Григорчук Г. В. РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ МІСТОБУДУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА	119
Григорчук Г. В., Попова Є. С. ЕСТЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ФАСАДІВ	122
Чалий Р.Д., Гасенко Л.В. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	127

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Чудик І.І., д.т.н., професор, ректор ІФНТУНГ, Добрянський І.М., д.т.н., професор, Добрянська Л.О., к.е.н., доцент, Кульбанський Ю.М., студент Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

Вступ. Кліматичні фактори є одним із ключових зовнішніх впливів, що визначають надійність, довговічність, енергоефективність і безпеку будівель та споруд. Неврахування кліматичних умов на етапі проектування призводить до передчасного зносу конструкцій, підвищених експлуатаційних витрат і навіть аварійних ситуацій.

Основний текст. В умовах кліматичних змін, зростання екстремальних температур, інтенсивності опадів і вітрових навантажень підвищення частоти екстремальних погодних явищ та необхідності забезпечення енергоефективності і довговічності будівель значення кліматично обґрунтованих проектних рішень суттєво зростає.

Визначимо основні кліматичні фактори, що впливають на будівництво.

До них належать: температурний режим повітря, снігові навантаження, атмосферні опади та вологість, вітрові навантаження, сонячна радіація, промерзання ґрунтів, агресивність навколишнього середовища. Кожен із цих факторів має специфічний характер дії та впливає на різні елементи будівлі. Проаналізуємо їх вплив на об'ємно-планувальні та конструктивні рішення.

Температурні фактори викликають: температурні деформації конструкцій, виникнення внутрішніх напружень, утворення тріщин у матеріалах та впливають на теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, вибір конструктивних матеріалів, типи огорожувальних конструкцій, теплотехнічні характеристики будівлі.

Основна формула температурного подовження:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

де:

α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу;

L — початкова довжина;

ΔT — зміна температури.

Проектні рішення: улаштування температурних і деформаційних швів, використання компенсаторів, підбір матеріалів з близькими коефіцієнтами лінійного температурного розширення, проектування систем опалення та кондиціонування, підвищені вимоги до теплоізоляції огорожувальних конструкцій.

Сніг діє як змінне вертикальне навантаження, яке залежить від кліматичного району, може накопичуватися нерівномірно, створює локальні перевантаження.

Проектування покрівель здійснюється з урахуванням можливих снігових мішків і заметів. Сніг впливає на кут нахилу покрівлі, вибір несучої системи даху, армування плит покриття. Снігові навантаження визначаються згідно з кліматичним районом.

Розрахункове снігове навантаження:

$$S = \mu \cdot S_0 \cdot \gamma_f$$

де:

μ — коефіцієнт форми покрівлі;

S_0 — нормативне снігове навантаження;

γ_f — коефіцієнт надійності.

Проектні аспекти: ухили дахів, вибір типу покрівельної конструкції, запобігання сніговим мішкам, системи сніготанення.

Вітер впливає як на міцність, так і на стійкість будівель. Вітер створює зростання навантажень зі збільшенням висоти, пульсаційний (динамічний) характер дії, вплив на огорожувальні конструкції, підйомні сили на покрівлях та впливає на проектування: просторову жорсткість каркасу, анкерування конструкцій. Вітрові навантаження особливо небезпечні для висотних та великопрольотних споруд, легких огорожувальних конструкцій, покрівель.

Розрахунковий тиск вітру:

$$W = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_f$$

де:

W_0 — нормативний тиск вітру;

k — коефіцієнт висоти;

c — аеродинамічний коефіцієнт.

Проектні рішення: аеродинамічна форма будівель, підсилення каркасів, жорсткі ядра жорсткості, спеціальні кріплення покрівлі та фасадів.

Волога є одним із найнебезпечніших кліматичних факторів руйнування будівельних матеріалів, оскільки спричиняє корозію металевих елементів, зниження міцності бетону, погіршення теплоізоляційних властивостей матеріалів,

біологічні ураження (грибок, пліснява) та враховується при виборі гідроізоляції, захисті від корозії, проектуванні дренажних систем, виборі морозостійких матеріалів.

Проектні заходи: гідроізоляція фундаментів і покрівель, ефективні системи водовідведення, захист фасадів від атмосферної вологи, використання вологостійких матеріалів

Сонячне випромінювання впливає на тепловий баланс будівлі, умови природного освітлення, комфорт внутрішнього середовища, енергоефективність.

Проектні рішення: орієнтація будівлі по сторонах світу, сонцезахисні елементи, використання пасивної сонячної енергії, світлопрозорі конструкції з енергозберігаючими властивостями, вибір теплоізоляції.

Врахування інсоляції дозволяє знизити витрати енергії на опалення та кондиціонування.

Глибина промерзання ґрунту визначає тип фундаменту, глибину закладання, необхідність теплоізоляції основи.

Проектні заходи: заглиблення фундаментів нижче рівня промерзання, утеплення відмосток, дренажні системи.

Кліматичні фактори є визначальними зовнішніми впливами, що формують умови експлуатації будинків протягом усього життєвого циклу. Їх дія рідко проявляється ізольовано — у реальних умовах будівлі зазнають одночасного впливу кількох кліматичних факторів, сполучення яких значно ускладнює процес проектування та експлуатації.

У реальних умовах кліматичні фактори діють у сполученні, наприклад: низькі температури + висока вологість, вітер + опади, сніг + вітер, сонячна радіація + високі температури.

Наслідками сполученої дії є прискорене руйнування матеріалів, підвищені деформації конструкцій, зростання експлуатаційних навантажень, необхідність комплексних проектних рішень.

При проектуванні будинків, враховуючи вплив сполучених кліматичних факторів на проектні рішення, необхідно враховувати розрахункові сполучення навантажень, застосовувати матеріали з підвищеною стійкістю, забезпечувати захист конструкцій від вологи й корозії, проектувати енергоефективні огорожувальні конструкції.

Сучасне проектування будівель і споруд потребує врахування змін клімату, підвищення екстремальних навантажень та енергоефективності. Нормативні документи України вимагають обов'язкового урахування кліматичних впливів при розрахунках несучих і огорожувальних конструкцій. В Україні кліматичні впливи враховуються відповідно до:

- ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»;
- ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»;
- ДБН В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія;
- кліматичного районування території.

Сучасні тенденції та адаптаційні підходи: кліматично адаптивне проектування, енергоефективні огорожувальні конструкції, застосування «зелених» дахів, використання BIM-моделювання для аналізу кліматичних ризиків, підвищення стійкості до екстремальних впливів.

Висновки.

Кліматичні фактори суттєво впливають на надійність і довговічність будинків. Найбільш небезпечним є не окремий вплив, а сполучення кількох кліматичних факторів.

Кліматичні фактори впливають на всі етапи проектування будівель і споруд. Комплексний підхід до аналізу кліматичних умов є обов'язковим етапом сучасного проектування будівель. Їх комплексне врахування дозволяє підвищити надійність і довговічність конструкцій, зменшити експлуатаційні витрати, забезпечити безпеку та комфорт користувачів.

Ключові результати полягають у систематизації взаємозв'язку між кліматичними навантаженнями та конструктивними рішеннями, що дозволяє підвищити експлуатаційну безпеку та економічну ефективність будівель і споруд.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – Київ: Мінбуд України, 2006.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2021.
3. ДБН В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіон України, 2011.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
5. Eurocode 1: Actions on structures. EN 1991-1-3 (Snow loads). Brussels, 2003.
6. Eurocode 1: Actions on structures. EN 1991-1-4 (Wind actions). Brussels, 2005.
7. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 2021.
8. Барабаш М.С., Голод А.П. Основи кліматичного районування території України. – Київ, 2015.

ЕФЕКТИВНІ МІКРОПАЛІ В РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДИНКІВ

Чудик І.І., д.т.н., професор, ректор ІФНТУНГ, Добрянський І.М., д.т.н., професор, Добрянська Л.О., к.е.н., доцент, Мельник О., студент Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу,

Вступ.

Сучасне будівництво та реконструкція будівель відбуваються в умовах ущільненої забудови, обмежених територій та при складних інженерно-геологічних умовах. Значна частина існуючих будівель потребує підсилення фундаментів у зв'язку зі зміною функціонального призначення, надбудовою поверхів або фізичним зношенням конструкцій. У цих умовах мікропалі є одним із найбільш ефективних інженерних рішень.

Мікропалі є актуальним та ефективним рішенням у сучасному будівництві. Особливо доцільним є їх застосування при реконструкції та підсиленні існуючих будівель. Мікропалі дозволяють працювати в складних умовах без значного впливу на навколишню забудову. Подальший розвиток технологій мікропалей сприятиме підвищенню безпеки та надійності будівель і споруд.

Основний текст. Мікропаля — це буронабивна або ін'єкційна паля малого діаметра (зазвичай 100–300 мм), армована сталевими стрижнями або трубами та заповнена цементним розчином чи дрібнозернистим бетоном. Основні особливості мікропалей - малі габарити, можливість влаштування без значних земляних робіт, мінімальний вплив на існуючі конструкції, висока адаптивність до складних ґрунтових умов.

Класифікація та конструктивні особливості мікропалей:

– основні типи мікропалей: буроін'єкційні, гвинтові, вдавлювані, комбіновані;

– матеріали: сталева труба, арматурні стрижні, композити;

– діаметри (60–300 мм) та глибини занурення;

– система кріплення у фундаменті.

Технологія влаштування мікропалей:

– буріння свердловини малим діаметром;

– ін'єктування розчину (цементного або полімерного);

– армування та встановлення несучого елемента;

– особливості роботи у щільній міській забудові;

– контроль якості: георадарні дослідження, випробування навантаженням.

У сучасному будівництві мікропалі застосовуються при будівництві на слабких, водонасичених або насипних ґрунтах; при зведенні будівель у щільній міській забудові; при спорудженні об'єктів із підвищеними вимогами до осідань;

при будівництві в сейсмічних районах. Переваги застосування мікропаль у новому будівництві – це зменшення обсягів земляних робіт, зниження рівня шуму та вібрацій, можливість монтажу у важкодоступних місцях, підвищена несуча здатність за рахунок ін'єкційного ущільнення ґрунтів.

Реконструкція та підсилення існуючих будівель є основною сферою використання мікропаль. Мікропалі застосовуються для підсилення існуючих фундаментів, для усунення нерівномірних осідань, при підсиленні фундаментів історичних будівель, для надбудови додаткових поверхів, підсилення будівель історичної забудови, реконструкції аварійних споруд, застосуванні у мостобудуванні та підземних спорудах. Ключова перевага застосування мікропаль при реконструкції будівель — можливість виконання робіт без зупинки експлуатації будівлі.

Економічна та технологічна доцільність використання мікропаль дозволяє скоротити строки виконання робіт, зменшити витрати матеріалів, мінімізувати ризики пошкодження сусідніх будівель, знизити загальну вартість реконструкції.

У багатьох випадках мікропалі є єдино можливим інженерним рішенням.

В умовах післяаварійного та післявоєнного відновлення будівель мікропалі мають особливе значення: швидке підсилення пошкоджених фундаментів, можливість роботи в обмежених умовах, адаптація до нестабільних ґрунтів, забезпечення безпеки при подальшій експлуатації будівель.

Оцінка переваг та недоліків мікропаль при реконструкції будівель є необхідною умовою їх застосування.

Переваги - можливість роботи у стиснених умовах, відсутність ударних і вібраційних навантажень, висока несуча здатність при малих діаметрах, сумісність із реконструкцією старих будинків, використання для посилення існуючих фундаментів.

Недоліки - вища вартість у порівнянні з класичними палями, вимоги до якісного обладнання та ін'єкційних сумішей, складність контролю якості виконання, складність точного прогнозування несучої здатності, необхідність спеціального обладнання, обмежена нормативна база.

Перспективи та напрямки розвитку технології: використання ін'єкційних технологій нового покоління, удосконалення розрахункових моделей широке впровадження в практику реконструкції будівель, використання високоміцних цементних та полімерних розчинів, композитна арматура для мікропаль, автоматизовані бурові установки, цифровий моніторинг та BIM-моделювання пальових фундаментів.

Необхідність нарощування мікропаль виникає у випадках, коли проектна глибина закладання основи перевищує довжину однієї секції мікропалі, при реконструкції будівель у складних інженерно-геологічних умовах (слабкі ґрунти, велика глибина до щільних пластів).

Нарощування мікропаль — це технологічне рішення, яке робить їх універсальними та адаптивними для будь-яких умов реконструкції.

Конструктивні рішення:

- секційне виконання – мікропалі виготовляють із відрізків труб або арматурних стрижнів довжиною 2–6 м;

- з'єднання секцій виконується різними способами: різьбові муфти (найпоширеніший варіант), зварювання стиків - для сталевих труб (менш зручний у стіснених умовах), механічні муфти (гільзи, конектори) застосовуються для арматури, прес-фітинги застосовують для швидкого з'єднання труб невеликого діаметра.

Технологія нарощування мікропаль: перша секція занурюється у пробурену свердловину, на верхньому кінці встановлюється з'єднувальний елемент (муфта або зварний шов), приєднується наступна секція палі. Далі процес повторюється до досягнення проектної глибини, відбувається ін'єктування цементного розчину та формування стовбура палі. До з'єднань при нарощуванні мікропаль ставлять вимоги: забезпечення осесиметричності та співвісності елементів; передача як осьових навантажень, так і вигинаючих моментів; герметичність з'єднання при ін'єктуванні розчину; витримування навантажень не менше за несучу здатність робочої сталі. Необхідно провести візуальний та ультразвуковий контроль зварних швів, перевірку різьбових муфт на щільність і відсутність люфту, виконати пробне навантаження палі після нарощування.

Секційне нарощування мікропаль має ряд переваг, зокрема можливість роботи у стіснених умовах (підвальні приміщення, низькі стелі), зручність транспортування та монтажу, гнучкість у досягненні потрібної довжини палі.

Реконструкція існуючих будівель завжди супроводжується необхідністю вирішення складних інженерних завдань, пов'язаних із забезпеченням надійності та довговічності фундаментів. Традиційні методи посилення (розширення подошви фундаменту, ін'єктування ґрунтів, улаштування класичних буронабивних паль) не завжди є можливими чи економічно виправданими, особливо у щільній міській забудові або при роботі з історичними спорудами.

Мікропалі, як конструктивне рішення, дозволяють ефективно вирішити ці проблеми завдяки своїм особливостям:

- мінімальні геометричні розміри (діаметр 60–300 мм) забезпечують можливість монтажу у стіснених умовах — під підлогами, у підвалах, біля існуючих стін;

- відсутність ударних і вібраційних навантажень при улаштуванні (на відміну від забивних паль), що особливо важливо при реконструкції будівель, які експлуатуються або мають аварійний стан;

- висока несуча здатність при малих діаметрах за рахунок ін'єктування цементного розчину, що створює міцний стовбур палі з інтенсивним зчепленням із ґрунтом;

- універсальність застосування: підсилення фундаментів, утримання укосів, закріплення підземних споруд, робота у складних інженерно-геологічних умовах (водонасичені ґрунти, слабкі основи);

– сумісність із існуючими фундаментами – мікропалі можуть працювати у комплексі з уже наявними конструкціями, розвантажуючи або дублюючи їх;

– економічна доцільність: у випадках, коли традиційні методи посилення потребують масштабних земляних робіт, мікропалі дозволяють уникнути розкриття фундаментів, що скорочує витрати і строки реконструкції.

Використання мікропаль у сучасній реконструкції полягає у їх здатності забезпечити надійну роботу фундаментів без зупинки експлуатації будівлі, мінімізувати вплив на існуючі конструкції та навколишнє середовище, поєднати високу технологічність з економічною ефективністю.

Висновки.

Мікропалі є ефективним засобом підсилення фундаментів при реконструкції будинків, особливо в умовах щільної міської забудови та при збереженні історичних споруд.

Технологія улаштування мікропаль відрізняється універсальністю: вони можуть працювати як самостійні фундаменти, так і в комплексі з існуючими конструкціями, забезпечуючи розвантаження та підвищення надійності основ.

Економічна ефективність застосування мікропаль проявляється у зменшенні обсягів земляних робіт, скороченні термінів реконструкції та можливості виконання робіт без повної зупинки експлуатації будівлі.

Сучасні тенденції розвитку технології пов'язані з удосконаленням ін'єкційних розчинів, впровадженням композитних матеріалів, застосуванням автоматизованих бурових комплексів та цифрових систем моніторингу.

Науково-технічний прогрес у галузі мікропаль спрямований на підвищення їх несучої здатності, довговічності та зниження вартості, що робить цю технологію однією з найперспективніших у сфері реконструкції будівель і споруд.

Список використаних джерел

1. Фундаменти на палях: сучасні технології / Під ред. О. С. Волкова. – Київ: Будівельник, 2020.
2. FHWA-NHI-05-039. Micropile Design and Construction. – U.S. Dept. of Transportation, 2005.
3. Bruce D. A. "Micropiles: State of Practice." – Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 2012.
4. ДБН В.2.1-10-2018 «Основи та фундаменти будівель і споруд».
5. Савельєв В.І. Палі та пальові фундаменти. – Харків: ХНУБА, 2019

DURING-TENSIONING METHOD OF PRESTRESSING REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Chekanovych M.G., Candidate of Technical Sciences, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Construction, Architecture and Design, Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine

Introduction. Methods of Prestressing Reinforced Concrete Structures. In modern construction, prestressed structures are traditionally manufactured either by tensioning the reinforcement against anchors before concreting or by tensioning the reinforcement after concreting onto the hardened concrete. The implementation of both methods of prestressing structures involves transferring the prestress forces of the reinforcement to the hardened concrete. This requires a certain amount of time for the concrete to achieve the necessary transfer strength and typically involves sequential operations of reinforcement tensioning and concrete compaction [1, 2].

Main part. In such structures, it is challenging to significantly enhance strength, frost resistance, and water impermeability without substantial additional costs.

To develop high-strength and durable prestressed structures by making fuller use of the physical and mechanical properties of building materials, the author has proposed manufacturing structures with reinforcement tensioning and the transfer of prestress forces onto the freshly placed concrete mix [3–5]. The general scheme of prestressing methods in reinforced concrete structures, supplemented by the author's proposal, is presented in Fig. 1.

Techniques for Manufacturing Reinforced Concrete Elements with During-tensioning on Freshly Laid Concrete Mix.

In the technology of manufacturing prestressed reinforced concrete structures, tensioning the reinforcement onto the freshly placed concrete mix serves not only as a method for ensuring rigidity and crack resistance but also for increasing the load-bearing capacity of reinforced concrete elements. Within this approach, several specific methods have been developed for producing reinforced concrete elements, which involve either full or partial transfer of prestressing forces from the reinforcement to the compressed concrete mix.

Let us consider mechanical reinforcement tensioning methods, which are among the most reliable and precise in industrial production. The production of reinforced concrete structures with reinforcement tensioning onto the compressed concrete mix involves placing the concrete mix using vibration, tensioning the reinforcement while simultaneously compressing the concrete mix, and subsequently curing the concrete in a compressed state. In this process, the concrete mix is compressed by the tensile force of the reinforcement, with full or partial transfer of this force to the mix before the concrete hardens (Author's Certificate No. 1548389).

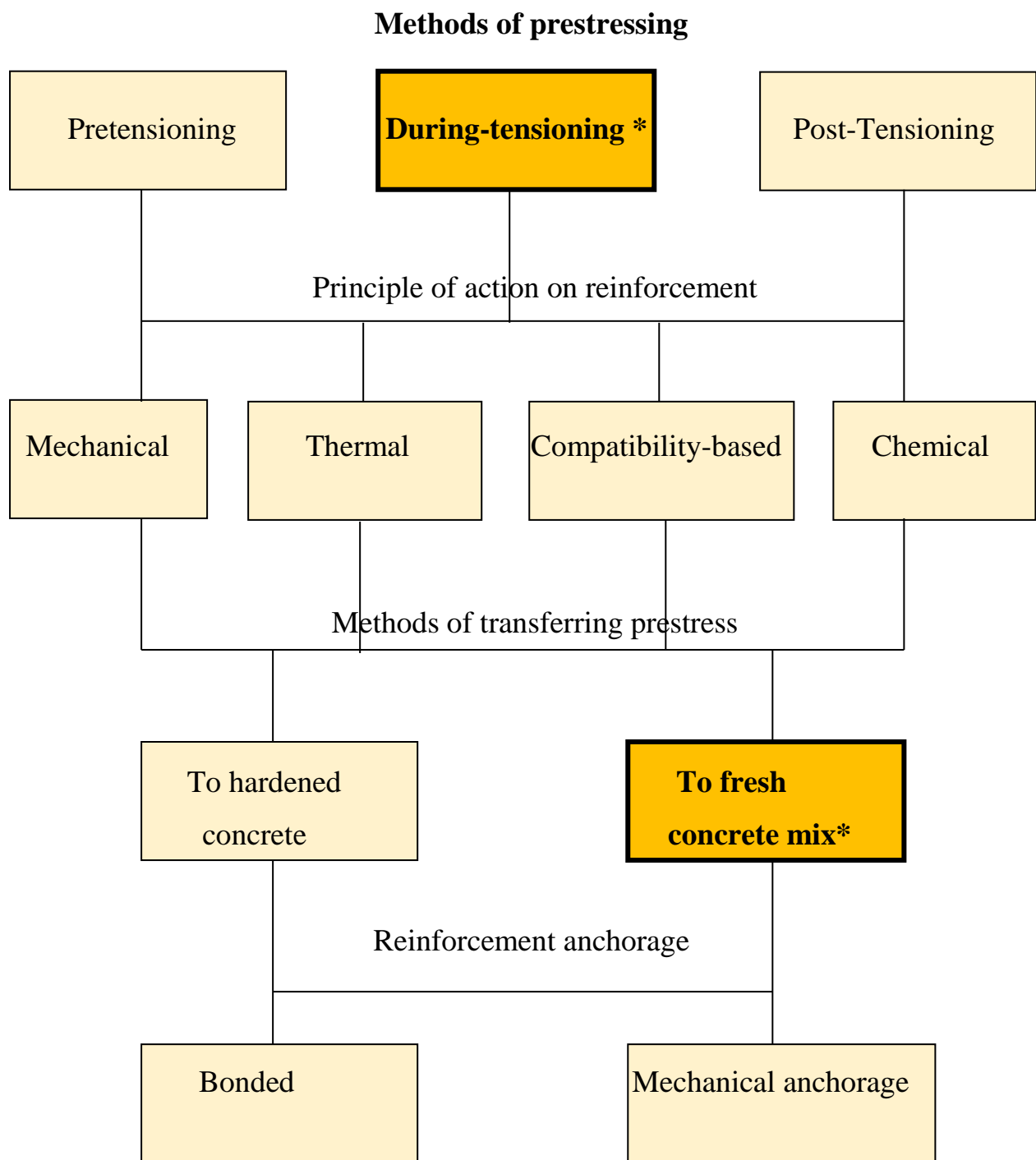


Fig. 1. General classification of methods for inducing prestress in reinforced concrete structures

* Refers to freshly laid concrete mix being compressed.

During the transfer of prestressing forces from the reinforcement to the freshly placed concrete mix, the mix is compressed, expelling excess water and air beyond the formwork, compacting the aggregate, and improving surface contact (adhesion) with the reinforcement.

The compaction effect can be enhanced at the initial stages of compression through dynamic impact on the concrete mix, as well as by cyclically applying the load. In this process, the strength of the concrete mix components is utilized as a framework around which the reinforcement is tensioned.

Once the optimal density of the mix is achieved, the reinforcement tension force is increased to the required level. The concrete then hardens under the influence of the prestressing forces.

Thus, in a single operation and from a single drive, both the reinforcement tensioning and the concrete compaction through compression are performed simultaneously. The energy expended on reinforcement tensioning is utilized for compacting the concrete mix, contributing to a reduction in the production cycle, an increase in concrete strength, and improved corrosion resistance of the structure.

The implementation of the proposed method of prestressing reinforced concrete elements is associated with the need for specialized formwork systems. An analysis of existing formwork design solutions, both in domestic practice and abroad, did not reveal an approach that ensures relatively uniform longitudinal compression of the concrete mix under the action of prestressing forces applied to the reinforcement [1, 2]. This issue primarily arises due to the significant friction between the concrete mix and the inner surface of the formwork. When the end sections of a long structural element are compressed, the formwork absorbs a substantial portion of the prestressing force due to friction.

Under such conditions, the prestressing of reinforcement effectively corresponds to the conventional "pre-tensioning" method, where the longitudinal rigid walls of the power formwork act as the abutments. Even with considerable friction reduction—achieved through the application of release agents, anti-friction coatings, or liners made of low-friction materials—the formwork still absorbs a significant portion of the longitudinal prestressing forces. As a result, the intended effect of prestressing "on the concrete mix" is largely negated, reverting to the traditional "abutment" method.

Therefore, for the effective implementation of this method, it is necessary to develop a fundamentally new formwork design that minimizes friction between the concrete mix and the formwork while ensuring a uniform stress distribution along the entire length of the element. Potential solutions may include the use of movable or flexible formwork walls, specialized vibration systems, or other innovative technical approaches.

Several traditional approaches have been tested to address this issue, including the introduction of specialized chemical admixtures into the concrete mix, the application of anti-friction coatings on the inner surface of the formwork, polishing of the formwork walls, the use of various liners made of materials such as PTFE (polytetrafluoroethylene), and the application of vibration and other dynamic effects.

Experimental studies have shown that these measures had some effect only on short laboratory specimens. However, they did not eliminate the transmission of longitudinal prestressing forces by the rigid formwork, especially in the production of long structural elements. Therefore, the challenge arose to develop a fundamentally new formwork system and equipment for the practical manufacturing of structures prestressed using the "on fresh concrete mix" method.

The author was the first to propose dividing the structural formwork into separate sections using deformation joints, with these sections interconnected by longitudinal guides (Author's Certificate No. 1548389).

Conclusions. Under longitudinal loading, the formwork sections are capable of linear displacement while providing minimal resistance to compression. This type of sectional formwork practically does not absorb the longitudinal prestressing forces, thereby ensuring a uniform transfer of prestressing compression to the freshly placed concrete mix along the entire length of the reinforced concrete element — the DURING-TENSIONING method.

References

1. LIN, T.Y. *Design of Prestressed Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons, 1955. 456 p.
2. Golyshyev A.B., Bachynskyi V.Ya., Polishchuk V.P., Kharchenko A.V., Rudenko I.V. *Design of Reinforced Concrete Structures* – Kyiv: Budivelnik, 1990. 544 c.
3. Chekanovych, M. and Chekanovych, O., 2005. Smart reinforced concrete structures. In: *Keep Concrete Attractive. Proceedings of the fib Symposium*, vol. 2, pp. 1009–1014. Budapest.
4. Chekanovych, M., 2023. Stress–strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod–roller system. *AIP Conference Proceedings*, pp. 65–69. Scopus author profile
5. Чеканович М. Г. (2024). Попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 254-261. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.29>

**DIRECTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ACCELERATED
RECOVERY AND RENOVATION OF URBAN INFRASTRUCTURE
DAMAGED BY MILITARY ACTIONS**

Anton Hasenko, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Yaroslav Kryzhanivskyi, Postgraduate Student

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

The relevance. Residential and non-residential buildings, as well as transportation infrastructure networks, form the foundation for public health, safety, and economic and social well-being. Their failure or operational disruptions lead to a significant decline in public safety and serious delays in logistics. Assessing the technical state of buildings is usually a complex task; the degree of complexity increases significantly in the case of war, as structures are damaged and access is difficult. At the same time, material and time resources must be taken into account, which are typically very limited in such situations. Nevertheless, questions arise regarding what loads war-damaged buildings can still withstand, under what conditions they can be safely used, and for what purpose.

The scientific focus of this work is the development of geodetic methods for monitoring and 3-D surveying of public, residential, and industrial buildings, as well as transportation infrastructure, to evaluate damages caused by military actions. The goal is to create a unified digital registry of damages and subsequently select, adapt, and refine innovative, cost-effective technologies, sustainable development strategies, and the implementation of programs for the accelerated recovery and renovation of damaged facilities.

To achieve the overall project goal, the following sub-goals are planned:

1. Establishing and equipping laboratories with innovative measuring instruments for 3-D scanning of damaged building infrastructure. Identifying and classifying relevant building types and types of damages to their structural elements, including an analysis of whether information and documentation regarding buildings and infrastructure facilities are available, and if so, what specific information is available. If information is limited, strategies for inspecting and monitoring structures should be developed to systematically collect additional information on structures, materials, and loads necessary for assessing reliability. The creation of a 3-D scanning laboratory for damaged building infrastructure will involve establishing an industrial park featuring thermal retrofitting of the building and its own energy generation (solar and wind power plants, energy cogeneration from tree branches or weeds, etc.).

2. Creation of a unified digital registry of war-damaged buildings and structures. The further development of existing ontologies serves as the foundation for the automated generation of digital twins using administration shells, which will form a central platform for data exchange and processing and can manage all (heterogeneous) information about the relevant buildings. This means that all information necessary for decision-making regarding use and reconstruction will be available in digital form.

3. Data-driven reliability evaluation and, where necessary, the development of recovery solutions. The information collected in the digital twin is used to assess the residual load-bearing capacity of buildings as a whole and their components. An innovative extension of the life cycle of war-damaged structures, in accordance with European standards, will allow for the identification of short-term usage options, as well as the development of construction and repair concepts, namely:

- developing resource-efficient structural solutions for the restoration of damaged structures (for example, by creating composite structures, statically indeterminate structural systems, etc.);
- integrating cultural axes with the restoration of public buildings;
- implementation of housing decarbonisation and renovation programs;
- development of options for the reuse of recycled (for example, crushed) building materials from dismantled damaged structures.

4. Creating a platform for the effective management of recovery and reconstruction by modernizing intermunicipal recovery agencies, including the establishment of bilateral scientific cooperation with foreign research institutions, which will help support Ukrainian science and its integration into European and international knowledge networks. The assessment results are reflected in a digital twin in order to (a) calculate performance indicators and (b) identify nonlinear relationships between building information and its reliability using artificial intelligence. A unified structure for all digital twins will simplify access to the database, enable data analysis and modelling to improve the prediction of building load-bearing capacity.

Therefore, these strategies are scalable and can make a significant contribution to effective operational planning, more realistic risk mitigation, and resource-efficient management of maintenance and reconstruction of damaged building infrastructure.

References

1. Hasenko, A., Lapidus, L., Bibik, M. (2025, 22 May). Ensuring the safe use of war-damaged infrastructure over its life cycle. *Materials of the VI International Scientific and Technical Conference "Intelligent Structures and Innovative Building Materials"*. Kherson-Kropyvnytskyi: KhSAEU, 40-43.

2. Hasenko A., Semko P., Usenko D., Ovsii D., Kudinova A., Padun Yu., Mishchenko R. (2025) *Destructions and strengthening of buildings and structures damaged as the result of non-design influences analysis: Monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. 122 p. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-621-8>

3. Küttenbaum, S. et al. (2024) Reliability and partial factor-based assessment of a highway bridge supported by nondestructive testing in: *Structural Concrete*. <https://doi.org/10.1002/suco.202400717>

4. Wimmer, J.; Braml, T.; Kaiser, M. (2024) Digitale Zwillinge für Brücken mittlerer Stützweite – Teil 2: Verwaltungsschale in: *Beton und Stahlbetonbau* 119, H. 3, S. 160–168. <https://doi.org/10.1002/best.202300096>

5. Zohrabyan, V. (03.12.2024) Entwicklung eines Ingenieurmodells zur Ermittlung der Resttragfähigkeit von Stahlbeton- und Stahlfaserbetonbauteilen nach Kontaktdetonation [Dissertation]. Universität der Bundeswehr München.

FACTORS REGULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF CONTINUOUS HOLLOW-CORE FLOORING SYSTEMS

Andrii Kudlai, postgraduate student

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine

Anna Chegrynets, design engineer

Konstrukteurin, HFR Ingenieure CmbH, Germany

Precast reinforced concrete hollow-core slabs are among the most widely used flooring systems in residential, public, and industrial construction due to the high efficiency of their production, transportation, and installation. However, the traditional simply supported (statically determinate) structural configuration of these slabs, which rely on bearing at two opposite ends, does not always ensure optimal utilization of their load-bearing capacity and often leads to increased deflections, crack formation in mid-span zones, and elevated material consumption.

The post-war reconstruction of Ukraine emphasizes the efficient utilization of existing structural components, particularly hollow-core slabs, a significant portion of which have sustained varying degrees of damage. Methods of regulating the stress-strain state can ensure the restoration of the serviceability of damaged flooring systems without complete component replacement. This approach is importance under conditions of building material shortages and limited financial resources.

Modern trends in structural engineering focus on the development of adaptive structures capable of managing behavior under load through prestressing, adjustable support constraints, and active deflection control systems. Applying such approaches to continuous hollow-core flooring systems allows for the optimization of force distribution, minimization of undesirable deformations, and enhancement of structural reliability and durability, while concurrently reducing material intensity.

Establishing continuous flooring systems by integrating individual slabs into a unified structural framework through cast-in-place joints over intermediate supports significantly improves their performance under load. Continuity results in a redistribution of internal forces, generating negative bending moments over the supports and reducing positive moments in the spans. This mechanism fosters a more uniform utilization of the material along the structural length, decreases deflections, and increases the overall stiffness of the flooring system.

Regulating the stress-strain state of continuous flooring systems is highly relevant to the reconstruction and technical retrofitting of existing buildings, where load-bearing capacities must be enhanced to accommodate changes in functional occupancy, increased live loads, or the addition of vertical extensions (extra floors). Traditional strengthening techniques are often labor-intensive, costly, and necessitate substantial architectural and spatial alterations.

However, the occurrence of negative moments over the supports in the upper zone of the slabs presents new structural challenges. Hollow-core slabs are

predominantly designed to operate as single-span systems with working reinforcement located in the bottom zone. The absence or inadequacy of top reinforcement leads to intensive cracking over the supports when a continuous multi-span structural configuration is implemented. This can compromise structural durability and degrade performance characteristics.

The inadequate understanding of the mechanisms regulating the stress-strain state of such composite systems—comprising precast slabs and monolithic cast-in-place joints—restricts the potential for their efficient design. The lack of scientifically grounded analytical methods and practical design guidelines for adjustable systems impedes the adoption of progressive solutions in construction practice. In view of the above, on-site experimental investigations are scheduled to be conducted directly on a real layout section of a flooring system composed of reinforced concrete hollow-core slabs of the PK 65-15-8 grade in compliance with DSTU B V.2.6-53:2008. The objectives of this research include determining the impact of:

- 1) the concrete casting height within the support zone of the slabs:
 - infilling only the slab voids to a length of one meter from the supports in both directions of the span section;
 - infilling the slab voids in conjunction with an additional 50 mm thick monolithic reinforced concrete topping overlaying the slabs.
- 2) altering the structural design model of the reinforced concrete slabs:
 - one end of the slab remains unchanged (hinged/simply supported), while the opposite support zone undergoes concrete infilling (continuous/fixed support);
 - both support zones of the slabs undergo concrete infilling (continuous/fixed supports).
- 3) effective length of support concrete infilling and additional reinforcing cages over the supports:
 - the length of the reinforcing cages will vary from 0.1 to 0.3 of the span length of the reinforced concrete hollow-core slabs.

The anticipated economic viability of regulating the stress-strain state lies in the potential to reduce material costs by 15–25% compared to traditional simply supported configurations. This is achieved through a more rational exploitation of the load-bearing capacity of reinforced concrete hollow-core slabs, minimized slab reinforcement, and extended span lengths. The environmental aspect involves mitigating the carbon footprint of construction by saving concrete and steel, which aligns directly with sustainable development goals.

Thus, investigating methods to regulate the stress-strain state of continuous reinforced concrete hollow-core flooring systems constitutes a relevant scientific and technical problem. Addressing this issue will enhance the efficiency of existing building structures, cost-effective and reliable structural solutions for both new construction and ensure the rapid, high-quality restoration of damaged infrastructure, significantly contributing to the advancement of Ukraine's construction sector.

References

6. Hasenko, A.V., Kyrychenko, V.A., Krupchenko, O.A. (2013). Numerical studies of the stress-strain state of damaged reinforced concrete ribbed slabs. *Collection of scientific works of the PNTU. Series: Industrial mechanical engineering, construction*, 4 (39), T.1, 78-83.

МІСЬКЕ КОМУНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ВИРОБНИЧЕ УПРАВЛІННЯ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА МІСТА ХЕРСОНА» МИНУЛЕ, СЬОГОДЕННЯ, МАЙБУТНЄ

Волошин М.М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Міське комунальне підприємство «Виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства міста Херсона» (МКП «ВУВКГ м. Херсона» або Херсонський водоканал) є головним постачальником послуг із централізованого водопостачання та водовідведення в місті Херсоні. Підприємство забезпечує забір, очищення, транспортування питної води, а також відведення та повну очистку стічних вод (рис. 1).

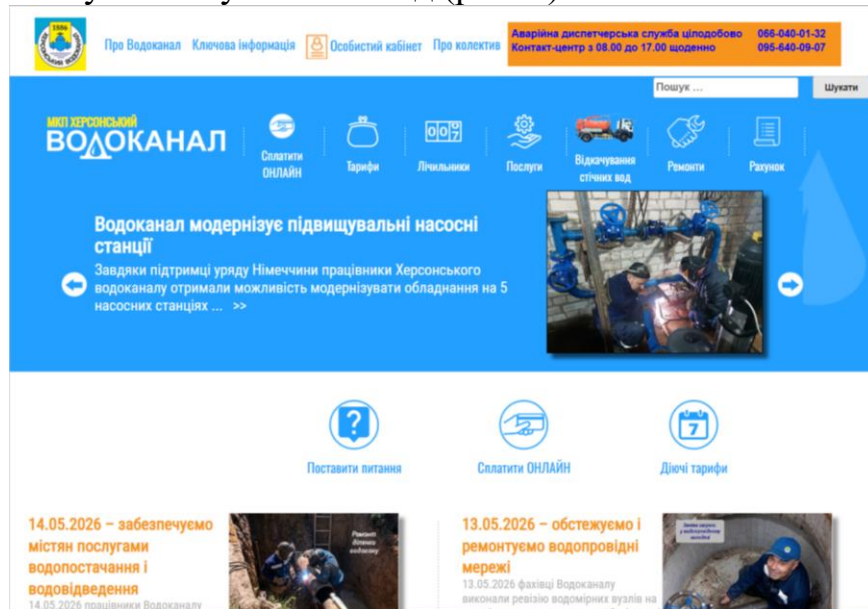


Рис. 1. Головна сторінка МКП «ВУВКГ м. Херсона»

Минуле. 23 грудня 1886 року вважається офіційною датою заснування Херсонського водоканалу. Саме цього дня у Херсоні вперше здійснили централізовану подачу води до Богоугодного закладу (зараз — Херсонська обласна клінічна лікарня), що поклало початок розвитку сучасної системи водопостачання міста.

Однією з найважливіших умов життя людини завжди була вода. З глибокої давнини люди будували собі житло поблизу джерел питної води: озер, річок.

Забезпечення якісною питною водою було однією з головних задач і під час будівництва м. Херсона, жителі якого для пиття, приготування їжі та всіх своїх господарських потреб користувалися водою р. Дніпро.

Будівельник і комендант фортеці Ганнібал, доносив Новоросійському генерал-губернатору князю Потьомкіну, що «обрана для побудови Херсона

місцевість, через болота і погану воду, шкідлива... гарнізон і майстри багато хворіють і вмирають».

Жільбер Ромм у книзі «Подорож до Криму в 1786 році» так описує рішення цієї проблеми: «Г-н Корсаков...хоче забезпечити місто хорошою водою; з цією метою він звелів вирити досить глибокі колодязі, вода з яких буде стікати в один загальний басейн, завчасно профільтрована через кесон, на дві третини наповнений гравієм».

А в рапорті полковника Корсакова, одного з керівників будівництва міста Херсона та фортеці, відправленому князю Потьомкіну 26 травня 1786 р, йде мова про ці колодязі: «... При одному з двох колодязів, викопаних минулого року, для підйому води поставлена машина» (рис.2).

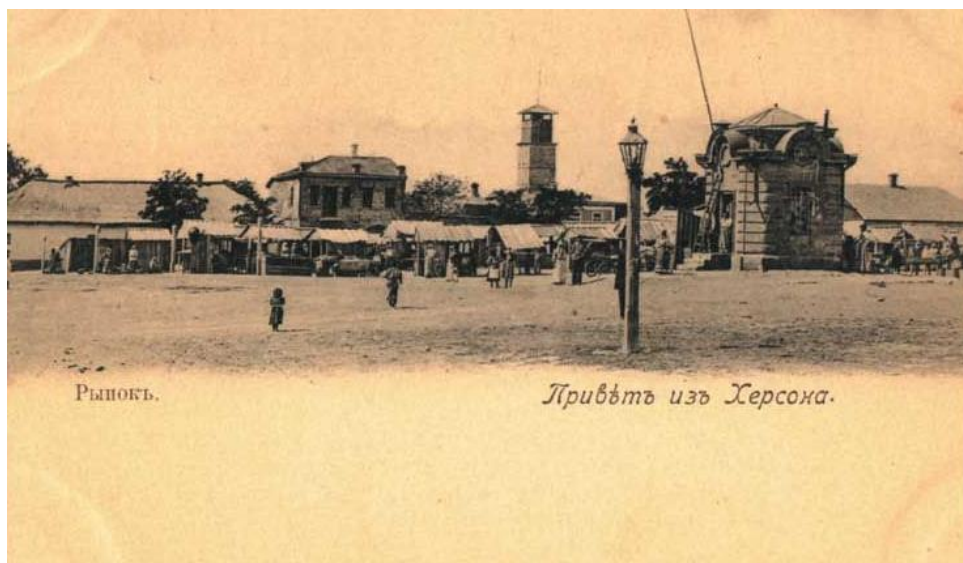


Рис. 2. Фото старого Херсона

Як працювала машина для підйому води зберегли для нас «Нотатки і спогади мандрівниці в 1845 році». Описуючи сад училища торгового мореплавання в м. Херсоні, мандрівниця звернула увагу на колодязь, з якого поливали сад і брали воду для пиття:«...Сад цей поливають з великого, добре влаштованого колодязя. Він викопаний у 1839 році глибиною в десять сажень з половиною, і один кінь крутить в ньому колесо, на якому укріплено близько шістдесяті емностей. Кожна з них, піднявшись вгору, виливає зачерпнуту нею воду у велике корито, з якого вона з нього тече по жолобах куди потрібно».

Сьогодні. МКП «ВУВКГ м. Херсона» (Херсонський водоканал) продовжує безперервно працювати в умовах воєнного стану, щоденно забезпечуючи централізоване водопостачання та водовідведення для жителів міста. Попри постійні безпекові ризики, підприємство підтримує стабільну життєдіяльність громади, ліквідує аварії та модернізує інфраструктуру.

Поточний стан та діяльність у 2026 році:

- ліквідація аварій та ремонти: аварійні бригади щодня усувають витoki на водопровідних мережах, замінюють аварійні ділянки трубопроводів, виконують

гідродинамічне промивання каналізаційних колекторів і чистять колодязі (рис.3, рис.4).



Рис. 3. Ремонт ділянки водогону



Рис. 4. Ремонтні роботи на мережі водопостачання

- модернізація інфраструктури: завдяки підтримці міжнародних партнерів, зокрема уряду Німеччини, підприємство модернізує обладнання на 5 підвищувальних насосних станціях міста, що підвищує енергоефективність та надійність подачі води (рис. 5).



Рис. 5. Заміна засувки у водопровідному колодязі

Майбутнє. Майбутнє МКП «ВУВКГ м. Херсона» (Херсонського водоканалу) зосереджене на терміновій модернізації пошкодженої інфраструктури, цифровізації послуг та забезпеченні фінансової стабільності під час відбудови міста (рис. 6.). Попри складні безпекові умови та значні фінансові збитки підприємства через війну (що сягнули близько 136,8 млн грн), ухвалено чіткий вектор розвитку на найближчі роки.

Головна > Новини > Діяльність Херсонського Водоканалу визнана успішною

Діяльність Херсонського Водоканалу визнана успішною

Результати роботи всього колективу МКП «ВУВКГ м. Херсона» у 2021 році були проаналізовані й виведені у загальний рейтинг незалежною організацією «Національний бізнес-рейтинг» Промислової Палати України.

Інформація про виробничу діяльність підприємств отримується із загальнодоступних джерел інформації.

Вих. 2155-22DKP-0301

РЕЗУЛЬТАТИ
НАЦІОНАЛЬНОГО БІЗНЕС-РЕЙТИНГУ В УКРАЇНІ
РЕЙТИНГОВА ПРОГРАМА «ЛІДЕР РОКУ 2021»

ЗАТВЕРДЖЕНО
Головою оргкомітету
Національного бізнес-рейтингу
В. Литвинова

06.10.2021 р.

Підприємство	МКП «ВУВКГ м. ХЕРСОНА»
КВЕД	36.00
Розмір	великі та середні
Результати рейтингування	11 місце (Золото) серед суб'єктів господарювання України за показником «Чистий дохід від реалізації продукції, товарів, робіт, послуг» 1 місце (Золото) серед суб'єктів господарювання Херсонської області у номінації «Фінансові показники успішної діяльності»

Рейтинг складено за підсумками незалежного аналізу фінансово-господарських показників діяльності 1 237 916 підприємств України. Рейтинги за видами діяльності додаються.

НАЦІОНАЛЬНИЙ БІЗНЕС-РЕЙТИНГ

01032, Україна, м. Київ, вул. Жильська, 126/23
+38 (044) 553-46-07 +38 (093) 025-80-00
nbr.com.ua, office@nbr.com.ua

Перелік кращих державних і комунальних підприємств України за результатами загальнодержавного економічного ранжування суб'єктів господарювання за показником «Чистий дохід від реалізації продукції, товарів, робіт, послуг»

КВЕД 36.00 Зобр., очищення та постачання води
«Суб'єкти великого підприємства» – згідно зі ст. 55 Господарського кодексу України та Національного положення (стандарту) бухгалтерського обліку 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності»

СДРП	Підприємство	Міс
03352715	КП «АРХІВОДОКАНАЛ»	1
03342316	КП «КРИВІСЬКОДОКАНАЛ»	2
03342305	КП «ДНІПРОВСЬКОДОКАНАЛ»	3
03327131	КП «ВОДОКАНАЛ»	4
03348471	ПМСП «ОБЛВОДОКАНАЛ»	5
31448344	МКП «МИКОЛАЙВОДОКАНАЛ»	6
03352508	КП «МАРИУПОЛЬСЬКЕ ВУВГ»	7
03346922	ОМВТ «ДНІПРО-КИЇВСЬКЕ»	8
03351661	КП ПОР «ПОЛТАВОВОДОКАНАЛ»	9
03352168	КП «ЧЕРКАСОВОДОКАНАЛ»	10
03355276	МКП «ВУВКГ м. ХЕРСОНА»	11
03354222	КП «ЧЕРНІВЦІВОДОКАНАЛ»	12
03352885	КП «ТЕРНОПІЛВОДОКАНАЛ»	13
03344005	КП «НИТОМІРВОДОКАНАЛ»	14
03356128	МКП «КІЄВСЬКОДОКАНАЛ»	15
03353605	КП «КРИМЕНЧУКОВОДОКАНАЛ»	16
03339469	КП «ЛЬВІВОВОДОКАНАЛ»	17
03352405	КП «ЛЬВІВОВОДОКАНАЛ» СІМСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ	18
32360815	КП «ВАНД-ФРАНКІВСЬКОВОДОКОТЕКТРОМ»	19
03359037	ДП «КРИВАКУРСЬКОДОКАНАЛ» ДП «КІВВ»	20
03327115	КП «ОБЛВОДОКАНАЛ» ВО	21
03362789	КП «ЧЕРНІВЦІВОДОКАНАЛ»	22
31926028	КП «БЕРДІЧІВОВОДОКАНАЛ» ДМР	23
03344326	«ВОДОКАНАЛ м. УЖГОРОДА»	24
03362471	КП «ЛЬВІВОВОДОКАНАЛ»	25
38812874	КП «ПОЛТАВСЬКИЙ РАЙОННИЙ ВОДОКАНАЛ»	26
05324251	КВП «КРАМАТОРСЬКИЙ ВОДОКАНАЛ»	27
03342339	КП «ДНІПРОВСЬКОДОКАНАЛ»	28
03354005	ДМТ ВКГ «ЛІВ»	29
03327090	КП «ВОДОКАНАЛ» МІСТОПОРТСЬКОЇ МР ЗО	30
32927603	КП «ЧОРНОМОРСЬКОДОКАНАЛ» ЧОРНОМОРСЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ	31
20593491	КП «ВІСНІВСЬКОДОКАНАЛ»	32
03342492	КП «ПАРКОВОДОКАНАЛ»	33
03352174	КП «ІМАНЬОВОДОКАНАЛ»	34

Рис. 6. «Національний бізнес-рейтинг»

Ключові стратегічні напрямки та плани:

- масштабні інвестиції в мережу: міська влада затвердила фінансовий план, який передбачає понад 36 мільйонів гривень інвестицій у капітальне оновлення та

модернізацію водопровідно-каналізаційних мереж Херсона;

- енергонезалежність та оновлення обладнання: фахівці Херсонського водоканалу активно модернізують підвищувальні насосні станції та проводять регулярну ревізію дизельних генераторів для забезпечення безперебійної подачі води;

- міжнародна підтримка: розвиток підприємства значною мірою спирається на допомогу закордонних партнерів. Проекти з оновлення технічної бази реалізуються за підтримки уряду Німеччини, а також у межах партнерства з іноземними муніципалітетами, як-от підписаний Меморандум про взаєморозуміння між Херсоном та Бонном;

- цифровізація та клієнтський сервіс: у найближчому майбутньому акцент зміщується на дистанційну взаємодію. Користувачам пропонують переходити на чат-боти у Viber та Telegram, а також використовувати Особистий кабінет абонента для передачі показників і безкомісійної оплати послуг.

Висновки. 1. Стратегічна роль: МКП «ВУВКГ м. Херсона» пройшло шлях від комунальної новачки XIX століття до базового елемента національної безпеки й виживання міста.

2. Героїзм колективу: Поточна діяльність підприємства - це зразок цивільної мужності. Збереження подачі води у прифронтовому місті є критичним фактором упередження гуманітарної та санітарної катастроф.

3. Залежність від підтримки: Стабільне майбутнє водоканалу неможливе виключно за рахунок внутрішніх тарифів. Воно безпосередньо залежить від бюджетних субвенцій, грантів міжнародних донорів та темпів загальної деокупації й стабілізації регіону.

4. Ключовий пріоритет: Повна модернізація, автоматизація процесів та перехід на автономні джерела енергії є головними орієнтирами для менеджменту підприємства на етапі відновлення України.

Список використаної літератури

1. Оцінка сучасного стану водопостачання міста Херсон в умовах антропогенного навантаження / Науковий журнал ВРА. – 2021.

2. Зруйнована інфраструктура водопостачання та водовідведення в Україні: наслідки та виклики / Екологія. Право. Людина. – Л., 2023.

3. Водопостачання та водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. – Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2025.

4. Невідкладні заходи для стабілізації систем водопостачання/водовідведення і переходу до їх планомірного післявоєнного відновлення. Спеціальний випуск // Асоціація водоканалів України. – К., 2023.

5. Офіційні інформаційні матеріали та звіти МКП «ВУВКГ м. Херсона» (2024 – 2026 рр.).

ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНЕ БУДІВНИЦТВО ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ РЕСУРСІВ

*Слонь В.В., к.т.н доцент, Козаченко Є.М., асистент, Потьомкін Р.О., асистент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
Національний транспортний університет, м. Київ*

Вступ. В умовах інтенсивного розвитку міст, зростання транспортних потоків та посилення екологічних проблем особливої актуальності набуває впровадження принципів сталого розвитку у сферу транспортного будівництва. Збільшення антропогенного навантаження на довкілля, виснаження природних ресурсів і підвищення рівня викидів парникових газів вимагають застосування нових підходів до проектування та спорудження об'єктів транспортної інфраструктури. У зв'язку з цим одним із ключових напрямів розвитку галузі є використання екологічно безпечних і відновлюваних будівельних матеріалів, здатних зменшити негативний вплив будівництва на навколишнє середовище [1, 2].

Перспективними матеріалами для сучасного транспортного будівництва є геополімерні бетони, крос-ламінована деревина (CLT), а також матеріали, виготовлені з вторинної сировини — переробленого пластику, гуми та інших відходів. Їх застосування дозволяє знизити енерговитрати на виробництво, скоротити обсяги викидів CO₂ та забезпечити можливість повторного використання після завершення життєвого циклу споруди. Такі рішення відповідають концепції циркулярної економіки та сприяють формуванню екологічно збалансованого міського середовища [3, 4].

Основна частина. Метою дослідження є розроблення сучасних архітектурно-будівельних підходів до проектування та зведення екологічно орієнтованих транспортних споруд із використанням принципів сталого розвитку, енергоефективності та раціонального природокористування.

Особлива увага приділяється мінімізації негативного впливу транспортної інфраструктури на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу об'єкта — від проектування і будівництва до експлуатації та подальшої утилізації. Важливим напрямом дослідження є впровадження низьковуглецевих технологій, використання відновлюваних і вторинних матеріалів, підвищення енергетичної ефективності споруд та зменшення споживання природних ресурсів.

Сучасний розвиток транспортної галузі вимагає комплексного підходу до проектування інфраструктурних об'єктів, який поєднує економічну доцільність, функціональність та екологічну безпеку.

Транспортні споруди дедалі більше орієнтуються на впровадження інноваційних технологій, що забезпечують скорочення викидів парникових газів, підвищення довговічності конструкцій та зниження витрат на їх експлуатацію.

У цьому контексті особливого значення набуває використання екологічно безпечних матеріалів і конструктивних рішень, які відповідають сучасним міжнародним вимогам щодо охорони довкілля [5, 6].

Використання екологічних будівельних матеріалів забезпечує низку суттєвих переваг. Зокрема, застосування геополімерних бетонів дозволяє значно скоротити викиди вуглекислого газу порівняно з традиційними цементними сумішами. Сертифікована деревина та деревинні композити сприяють зменшенню енергетичних витрат на виробництво конструкцій і є відновлюваними ресурсами. Широке впровадження вторинної сировини, зокрема асфальтобетонної крихти, переробленого пластику, гуми та металевих відходів, дозволяє не лише зменшити кількість сміття, що потрапляє на полігони, а й значно підвищити рівень ресурсозбереження в будівельній галузі.

Важливою складовою екологізації транспортних споруд є підвищення їх енергоефективності. Для цього можуть використовуватися сонячні панелі, системи накопичення електроенергії, енергоощадне світлодіодне освітлення, автоматизовані системи керування освітленням і вентиляцією, а також технології збору та повторного використання дощових вод. Додатковий позитивний ефект забезпечує застосування водопроникних дорожніх покриттів, які сприяють природному дренажу територій та зменшують навантаження на міські системи водовідведення [7, 8].

Не менш важливим напрямом є інтеграція транспортних споруд у природне та міське середовище. Сучасні проекти передбачають створення зелених зон, висадження дерев і кущів уздовж транспортних магістралей, облаштування шумозахисних зелених екранів та використання вертикального озеленення. Такі заходи сприяють покращенню мікроклімату, зниженню рівня шуму та очищенню атмосферного повітря від шкідливих домішок.

Особливого значення набуває розвиток інфраструктури для екологічних видів транспорту. До таких рішень належать велосипедні доріжки, велопарковки, мережі зарядних станцій для електромобілів, зупинки громадського транспорту нового покоління та інтегровані транспортно-пересадкові вузли. Оптимізація транспортних зв'язків між районами міста та забезпечення зручного доступу до громадського транспорту сприяють зменшенню використання приватних автомобілів, скороченню транспортних заторів і зниженню рівня шкідливих викидів.

КОМПЛЕКСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

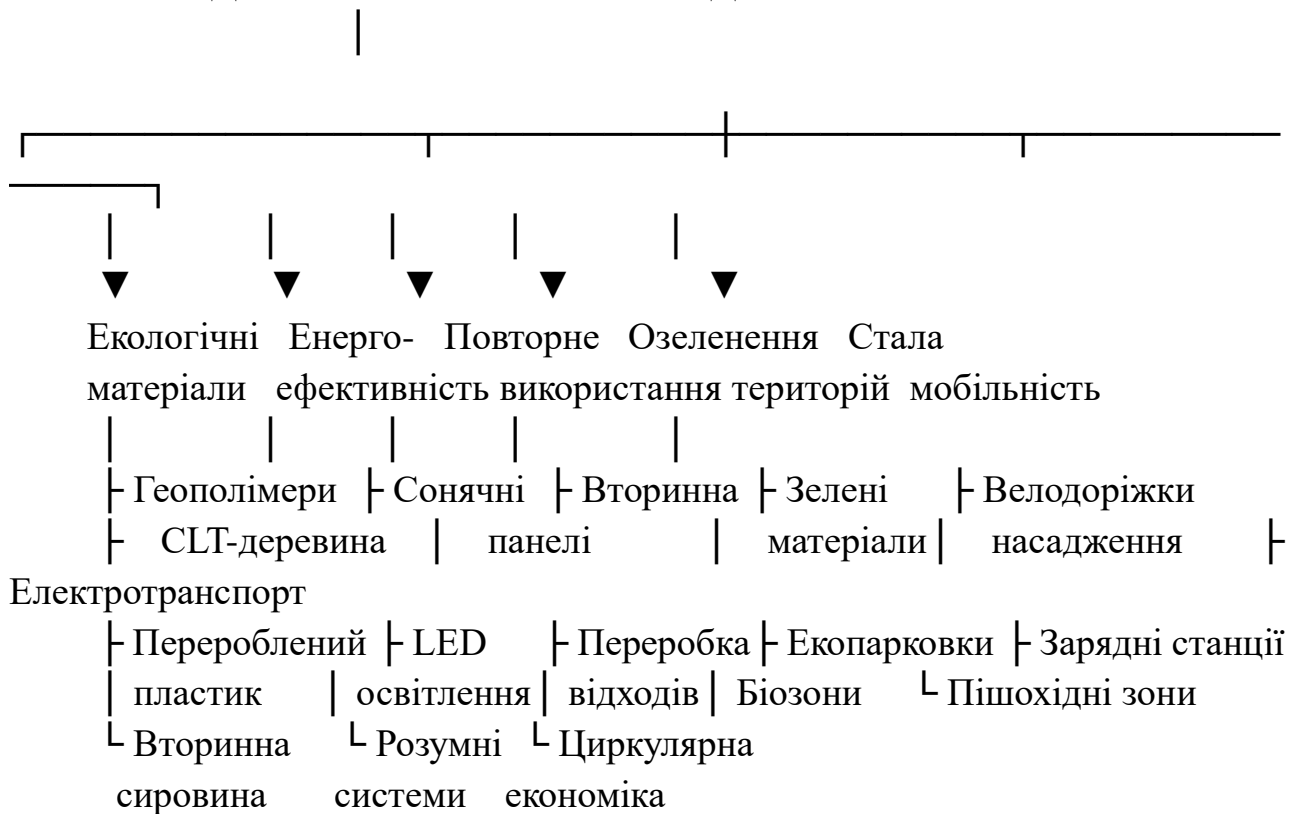


Рис.1. Основні складові комплексного екологічного підходу до проектування транспортних споруд

Отже, сучасні транспортні споруди все більше проєктуються з урахуванням комплексного екологічного підходу, який охоплює всі етапи створення та експлуатації об'єкта. У межах такого підходу кожне проєктне рішення — від вибору будівельних матеріалів і конструктивних схем до організації прилеглої території та інженерних систем — спрямоване на мінімізацію негативного впливу на довкілля, раціональне використання природних ресурсів та підвищення ефективності функціонування транспортної інфраструктури.

Особлива увага приділяється використанню екологічно безпечних і довговічних матеріалів, що мають низький рівень енергоспоживання під час виробництва та експлуатації. Застосування вторинної сировини, відновлюваних ресурсів і сучасних технологій переробки відходів дозволяє суттєво скоротити обсяги використання природних матеріалів та зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Водночас впровадження енергоощадних технологій сприяє зниженню експлуатаційних витрат і скороченню викидів парникових газів.

Висновки. Проведений аналіз показав, що застосування геополімерних бетонів, крос-ламінованої деревини та інших низьковуглецевих матеріалів дозволяє суттєво зменшити екологічний вплив транспортного будівництва. У порівнянні з традиційним портландцементним бетоном використання таких матеріалів дає можливість скоротити вбудовані викиди CO₂ більш ніж удвічі. Додатковий позитивний ефект забезпечується використанням вторинної сировини та відновлюваних джерел енергії під час будівництва й експлуатації об'єктів.

Таким чином, поєднання інноваційних екологічних матеріалів, ресурсозберігаючих технологій та сучасних енергетичних рішень формує основу для розвитку сталого транспортного будівництва, сприяє покращенню якості життя населення та забезпечує довгострокову екологічну й економічну ефективність інфраструктурних проєктів.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – Київ : Відомості Верховної Ради України, 2024.
2. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Київ : Мінрегіон України, 2019.
3. ДСТУ Б EN 206:2022. Бетон. Вимоги, властивості, виробництво та відповідність. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
4. Forest Stewardship Council. FSC Standards and Certification Requirements. – 2023.
5. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
6. European Commission. Circular Economy Action Plan. – Brussels, 2020.
7. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
8. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. – Paris, 2023.
9. World Green Building Council. Green Infrastructure and Sustainable Development Report. – London, 2022.

МЕТОДОЛОГІЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВАПНЯКОВИХ СХИЛІВ В ІСТОРИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРИЧОРНОМОРСЬКОГО РЕГІОНУ ЗА УМОВ СИНЕРГЕТИЧНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ТА ВОЄННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Стельмах А.П., студент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Проектування, зведення та моніторинг технічного стану об'єктів у прибережних зонах, балочних системах та на узвозах Північного Причорномор'я ускладнені специфікою місцевих інженерно-геологічних умов. Нагірні плато та берегові схили в цьому регіоні, яскравим прикладом якого є місто Одеса, переважно складені понтичними вапняками-черепашниками, які характеризуються високою пористістю, наявністю розгалужених тріщин та частим чергуванням із прошарками пісків і суглинків. Інженерно-геологічні дослідження узбережжя Північного Причорномор'я, зокрема території м. Одеси, свідчать, що до 70–85% схилів сформовані слабозцементованими понтичними вапняками-черепашниками з коефіцієнтом пористості 0,35–0,55 та природною тріщинуватістю середнього і високого ступеня. За даними інженерно-геологічних вишукувань, водонасичення цих порід призводить до зниження їх міцності на зсув у 2–4 рази порівняно з природно-сухим станом. Головною особливістю таких порід є висока чутливість до зміни вологісного режиму та стрімке зниження міцнісних параметрів у разі навіть незначного водонасичення масиву [3, с. 112].

За умов мирного часу чинниками порушення рівноваги рельєфу виступали статичні навантаження від щільної забудови та хронічні процеси природного підтоплення. Проте в сучасних реаліях воєнного стану додаються імпульсні сейсmodинамічні коливання від вибухових хвиль під час обстрілів. Ці ударні хвилі проходять крізь ґрунтову товщу і руйнують структурні зв'язки в масивах порід, які через несприятливі погодні умови та попереднє інженерне втручання вже перебували в стані граничної рівноваги.

Додатковим ускладнюючим фактором стає фінансово-економічний аспект виконання робіт під час війни, пов'язаний із різким подорожчанням матеріалів, дефіцитом техніки та ускладненням логістики. Це зумовлює науково-практичну потребу у вивченні теоретичних методів аналізу деформацій, оцінці вартості захисних заходів та формуванні інженерних і техніко-економічних регламентів для оперативного захисту прибережних територій.

Основна частина. Механізм розвитку зсувних та обвальних явищ на модельних ділянках рельєфу, складеного вапняками-черепашниками, має виражений кумулятивний характер. Оцінка стійкості схилів у даних умовах може

бути формалізована через коефіцієнт стійкості (F_s), який визначається як співвідношення утримуючих та зсувних сил. Для вапнякових масивів Причорноморського регіону критичним вважається значення $F_s \leq 1,0$, що відповідає стану граничної рівноваги та високій ймовірності зсуву. При водонасиченні та динамічному навантаженні від вибухових хвиль значення F_s може знижуватися на 20–40%, що переводить систему в нестабільний стан.

У теоретичному вимірі процес деградації утримуючих властивостей рельєфу найчастіше активізується під час проведення планових містобудівних заходів у підшві схилу, таких як розширення транспортних узвозів чи модернізація старих захисних споруд, що потребують інженерного зрізання ґрунту або демонтажу застарілих підпірних стін. Будь-яке планове механічне розвантаження підшви рельєфу на початковому етапі робіт викликає тимчасове порушення рівноваги сил та перерозподіл внутрішніх напружень, внаслідок чого у вапняковій породі утворюються вертикальні й похилі тріщини відриву, які поширюються вглиб території до верхніх терас і створюють прямі канали для безперешкодного проникнення поверхневих вод углиб ґрунтової товщі.

Наступним руйнівним етапом стає синергетичний вплив кліматичних факторів: надлишкових опадів у вигляді злив, поверхневих стоків під час танення снігу або сезонного підняття рівня підземних вод. Вода, потрапляючи у тріщини відриву, фільтрується крізь пористий ракушняк і досягає нижчих горизонтів меотичних глин [1, с. 78]. Вапняк втрачає міцність на зсув, а глиниста основа розмокає, розбухає і втрачає зчпні характеристики, формуючи активну пластичну поверхню ковзання. У цей момент воєнні навантаження від вибухових хвиль виконують роль тригера: динамічні коливання миттєво долають залишки сил внутрішнього тертя Perezволоженого масиву. Динамічні навантаження вибухового характеру формують короткочасні імпульсні прискорення ґрунтового масиву, які за своєю дією еквівалентні мікросейсмічним впливам інтенсивністю до 0,1–0,3 g. Такі впливи спричиняють руйнування слабких структурних зв'язків у тріщинуватих вапняках і прискорюють розвиток поверхонь ковзання. Сейсмічне навантаження воєнного періоду переводить систему в аварійний стан, через що частина масиву біля бровки схилу та фундаменти розташованих нагорі історичних будівель опиняються під загрозою раптового обвалу.

Реалізація відновлювальних робіт у період воєнного стану суттєво ускладнюється зростанням кошторисної вартості будівництва інженерного захисту через підвищення цін на енергоносії, цемент, металопрокат для паль та анкерів в умовах логістичних дефіцитів. Перед інженерною наукою постає завдання розробити методи стабілізації, які будуть не лише технічно надійними, але й економічно оптимізованими за допомогою дворівневої методології. Перший рівень — це невідкладні рятувальні роботи, що включають термінову організацію відведення поверхневих стоків через тимчасові перехоплюючі канали або лотки

для припинення замочування ґрунту. Паралельно виконується тимчасове просторове розкріплення схилу упорними конструкціями у підніжжі урвища та розгортання системи автоматизованого моніторингу за допомогою геодезичних маяків та датчиків для контролю динаміки деформацій у реальному часі [2, с. 89].

Другий рівень передбачає капітальне укріплення рельєфу та ревіталізацію пошкодженого схилу на основі нових інженерно-геологічних вишукувань. Проект включає штучне поліпшення властивостей вапнякового масиву шляхом ін'єктування тріщин цементними розчинами або полімерними смолами під тиском для відновлення монолітності скельної породи [4, с. 201]. Основним конструктивним елементом захисту території стає будівництво монолітної залізобетонної підпірної стіни на глибокій пальовій основі, де палі проходять крізь товщу слабких ґрунтів із заглибленням у надійні корінні породи [3, с. 145].

З метою суттєвого здешевлення цього етапу робіт в умовах воєнного стану теоретично обґрунтовано доцільність впровадження геометричної модернізації профілю споруди шляхом проектування ярусної (ступінчастої) конструкції із перемінним перерізом товщини тіла. Розрахункове моделювання показує, що застосування ярусних підпірних стін та комбінованих анкерних систем дозволяє знизити матеріаломісткість конструкцій на 12–20%, а загальну кошторисну вартість протизсувних заходів — до 18% у порівнянні з традиційними монолітними рішеннями за рахунок зменшення обсягів бетону та скорочення глибини пальового фундаменту. Додатковим методом фінансової оптимізації виступає інтеграція підпірної стіни із системою багатоярусних ґрунтових анкерів або мікропаль, які забиваються крізь стіну безпосередньо в стабільне тіло гори під суворо прорахованим кутом нахилу для якісного заповнення свердловин бетоном. Такий підхід дозволяє перенести значну частину зсувних навантажень на сам склеєний скельний масив, завдяки чому з'являється можливість зменшити кількість та загальну глибину закладання основних фундаментних паль великого діаметра, що суттєво знижує вартість матеріалів та мінімізує обсяги використання дефіцитної бурової спецтехніки. На завершальному етапі техніко-економічної оптимізації раціональним рішенням є відмова від віддалених будівельних матеріалів на користь максимального залучення місцевих мінеральних наповнювачів безпосередньо на будівельному майданчику. Приготування ін'єкційних розчинів та бетонів безпосередньо на локації у поєднанні з хімічними добавками-пластифікаторами дозволяє оптимізувати рецептуру сумішей, знизити потребу в дефіцитних марках цементу, нівелювати високі логістичні витрати та забезпечити економічну доступність проекту без втрати його протизсувних характеристик.

Аналіз практичних реалізацій протизсувних заходів на ділянках аналогічної геологічної будови (узбережжя Одеської та Миколаївської областей) свідчить, що найбільш ефективними є комбіновані системи “підпірна стіна + анкерне

кріплення + дренаж”, які забезпечують підвищення загальної стійкості схилу на 25–45% залежно від інженерно-геологічних умов та ступеня зволоження масиву.

Висновки. Ефективний захист історичної міської забудови та ліквідація аварійних зсувних процесів у складних геоморфологічних умовах прибережних зон Північного Причорномор’я не можуть обмежуватися локальними або суто поверхневими заходами. Будь-які будівельні та земляні процеси в межах уразливих рельєфів під час воєнного стану мають суворо підпорядковуватися головному містобудівному пріоритету — безумовному збереженню структурної цілісності існуючого природного масиву.

Технічний та фінансово-економічний аналіз доводить, що впровадження методів геометричної та конструктивної оптимізації (ярусності стін, анкерного кріплення та локального приготування сумішей) дозволяє досягти балансу між високою надійністю та економічною доцільністю, суттєво знизивши вартість робіт в умовах воєнного стану. Отримані результати узгоджуються з сучасними підходами геотехнічної стабілізації схилів, що базуються на інтеграції методів чисельного моделювання напружено-деформованого стану ґрунтових масивів та інженерного моніторингу в режимі реального часу.

Всі проектні рішення повинні прийматися до виконання лише за наявності позитивного висновку загальної державної експертизи, невід’ємною частиною якої є детально розроблений покроковий технологічний регламент виконання будівельно-монтажних робіт, що гарантує повну безпеку для суміжних пам’яток архітектури та навколишнього міського середовища.

Список використаних джерел

1. Зелінський І. П., Губар В. Г. Зсуви прибережної зони Північного Причорномор’я: механізми розвитку та методи захисту. Одеса: Астропринт, 2012. 240 с.
2. Кузьменко Л. В., Бабенко С. М. Сучасні методи геодезичного моніторингу деформацій міських територій у складних інженерно-геологічних умовах. *Містобудування та територіальне планування*. 2018. Вип. 67. С. 85–94.
3. Гілодо О. Ю. Утримуючі споруди та підпірні стіни на пальовій основі в умовах зсувних схилів Одеської міської агломерації: навч. посіб. Одеса: ОДАБА, 2017. 180 с.
4. Якушев Д. І. Технології штучного закріплення та ін’єктування пористих вапнякових порід під час будівництва в історичних ареалах. *Будівельні конструкції*. 2019. № 84. С. 198–205.

СИНЕРГІЯ САМОРЕГУЛЬОВАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ*Чеканович М.Г., к.т.н., доцент,**Саваєва Є. А., студентка**Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Сучасні залізобетонні конструкції мають значний резерв міцності. Під час навантаження традиційних залізобетонних балок із жорстким зчепленням бетону та арматурної сталі деформації цих матеріалів вважаються однаковими. Оскільки високоміцна арматурна сталь реалізує свої міцнісні властивості за деформацій, значно більших, ніж у бетону, виникає асинхронність роботи матеріалів. Це призводить до утворення тріщин у бетоні та суттєвого зниження міцності традиційних конструкцій без регулювання [1, 2].

Основний текст. Синергії двох матеріалів — бетону та сталі — можна досягти шляхом регулювання, саморегулювання й створення інтелектуальних конструкцій. Автором запропоновано необхідну умову досягнення максимальної міцності залізобетонних елементів, яка полягає в синхронізації прояву максимального опору бетону та сталі в залізобетоні під час його навантаження [3, 4].

Цю умову можна сформулювати математично:

$$t_{bR} = t_{sR}$$

або

$$\delta_{bR} + \delta_m = \delta_{sR},$$

де δ_m - додаткові переміщення регулятора конструкцій.

Розглянемо одноразове статичне навантаження з постійною швидкістю. При цьому швидкість деформування матеріалів може бути представлена графіками на рис. 1, а максимізована крива міцності конструкції — на рис. 2.

Забезпечити умову максимальної міцності можливо шляхом регулювання зусилля обтиску балки (рис. 3). Порівняльні результати випробувань регульовано обтиснутої та традиційної попередньо напруженої балки за однакових витрат матеріалів наведено на рис. 4.

Несучу здатність і напружено-деформований стан балки подано графічно на рис. 4.

Висока міцність регульованої за оптимальним режимом балки пояснюється відсутністю тріщин в ній аж до моменту руйнування балки при навантаженні. За результатами досліджень міцність такої балки перевищує міцність традиційної більш ніж у 2,5 рази. Водночас жорсткість регульованої балки є утричі вищою.

За максимального навантаження удосконалених залізобетонних елементів бетон і сталь синхронно досягають максимального опору, що в сукупності забезпечує можливість досягнення елементом максимальної несучої здатності. У

цьому випадку швидкість деформування сталі випереджає швидкість деформування бетону завдяки регулюванню.

Практика виготовлення та випробування залізобетонних елементів із синхронним проявом максимальної міцності матеріалів підтвердила наведені вище теоретичні обґрунтування.

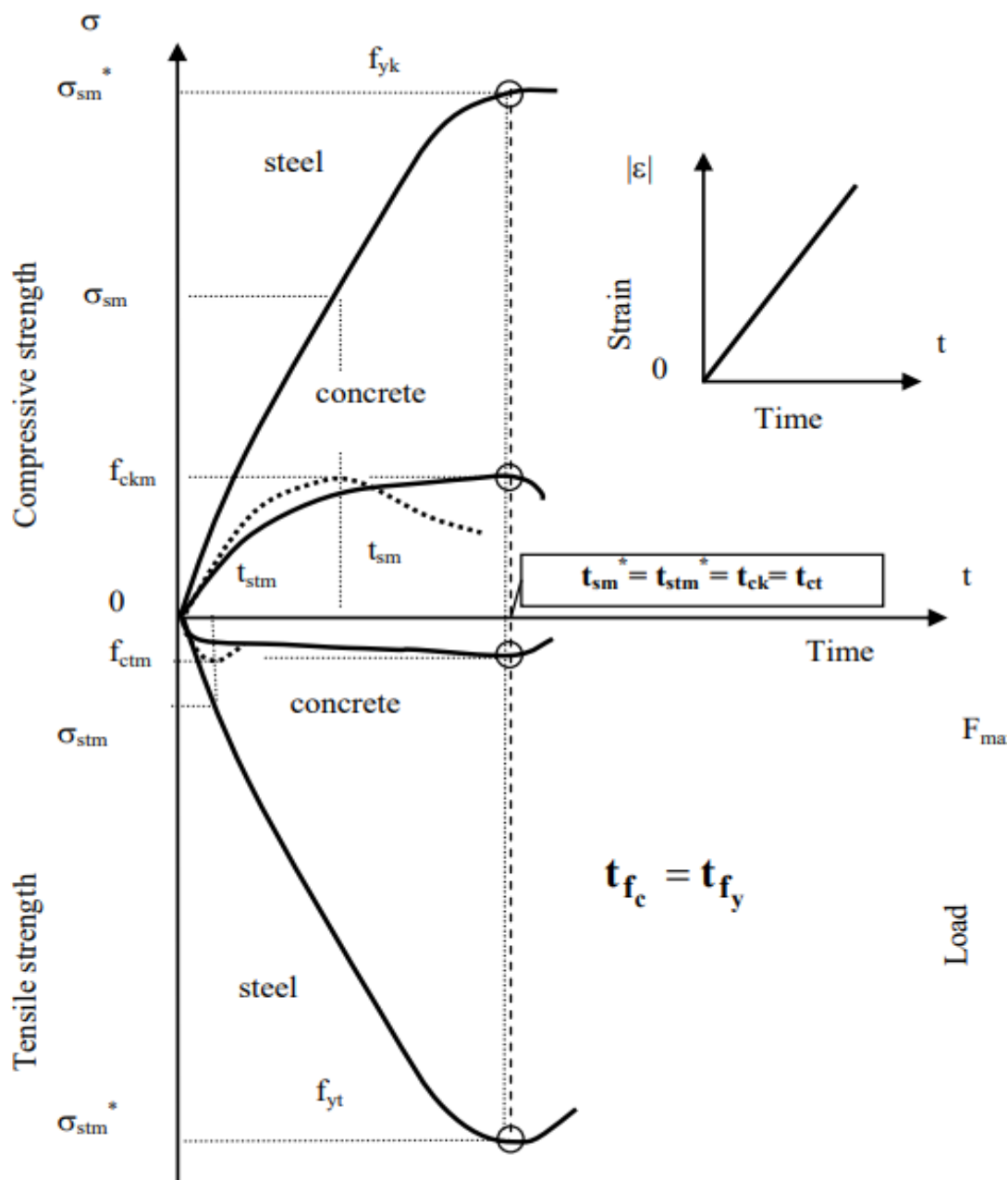


Рис. 1. Синхронізація

$$W = F\delta - \int_0^{\delta} \delta dF$$

$$W_{\max} = W_{\text{full}} - W_q$$

$$W_q \rightarrow 0; W \rightarrow W_{\text{full}};$$

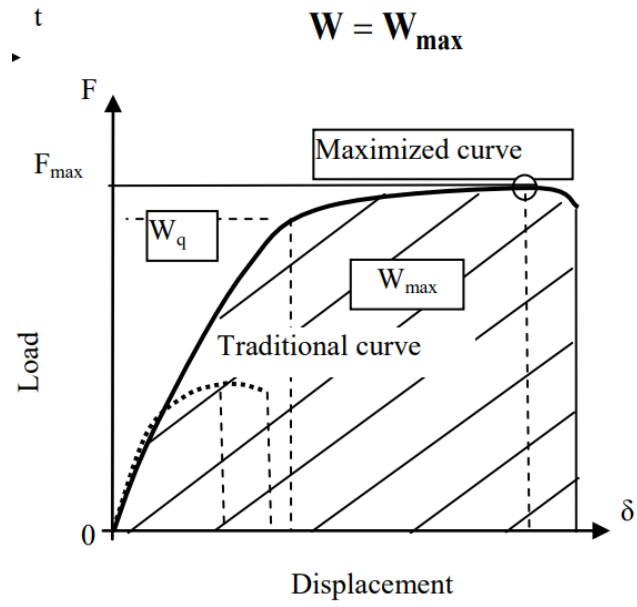


Рис. 2. Максимізація

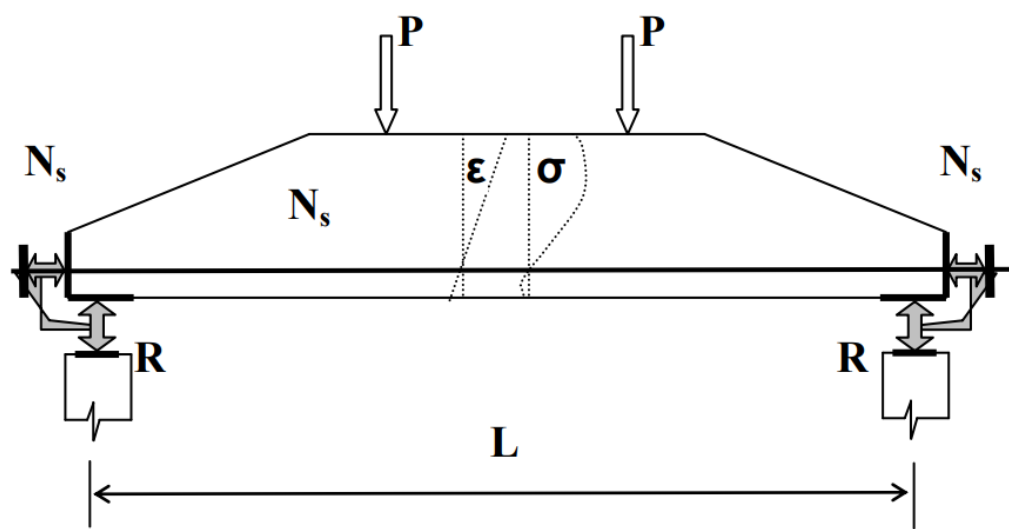


Рис. 3. Дослідна регульована балка

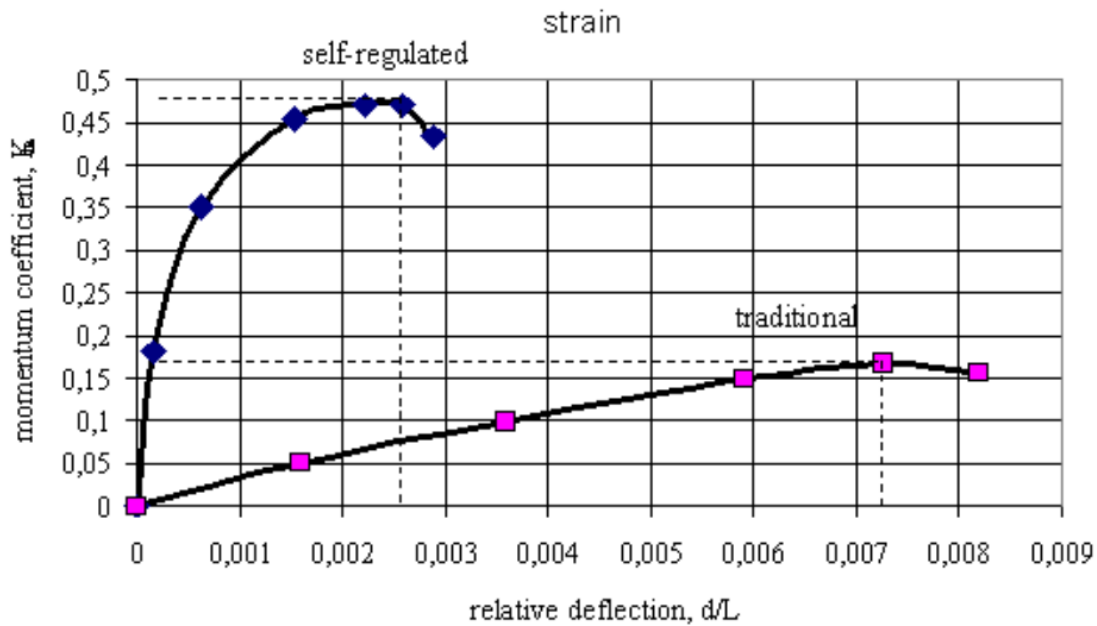


Рис. 4. Результати випробувань балок

Висновки. Таким чином, для досягнення синергії та максимальної міцності залізобетону необхідно, щоб момент прояву максимального опору бетону збігався з моментом прояву максимального опору сталі. У балках цього вдалося досягти завдяки оптимальному регулюванню зусилля обтиску.

Синергетичний ефект від використання резервів міцності матеріалів у дослідних балках перевищив 2,5 рази. Несуча здатність балок при використанні тих самих матеріалів, як зазначалося, зросла більш ніж у два з половиною рази. Водночас деформації прогину регульовано обтиснутих балок були майже утричі меншими порівняно з традиційними балками.

Список використаних джерел

1. Leongard F. "Spannbeton" für die Praxis. Wyd.3. Ernst u Sohn, BerlinMünchen-Düsseldorf, 1973, 246 p.
2. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT); ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 . - Київ; Мінрегіон України, 2014.- (Національний стандарт України)
3. Патент № 112733 Україна, МПК E04C3/00. Регульована балка Чекановича/ Чеканович М.Г.; заявник і патентовласник: Чеканович М.Г - №а 201511202; заявл. 13.11.2015; опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.
4. Патент № 110309 Україна, МПК E04C3/00. Саморегульовано-напружена балка Чекановича/ Чеканович М.Г.; заявник і патентовласник: Чеканович М.Г - №а 201500423; заявл. 20.01.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 10.

MODERN AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF SELF-HEALING CONCRETE

Lina Hasenko, Ph.D, Associate Professor

Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Leo Lapidus, Master of Science

Institute of Building Design (Capital Construction), Armed Forces University, Munich, Germany

Introduction. The concrete manufacturing process results in a significant carbon impact, contributing to a substantial portion of global emissions in structures such as buildings, bridges, roads, and tunnels. At the same time, although concrete is a strong and durable building material, its drawback is its susceptibility to microcracks, through which water and chlorine ions can penetrate the structure, leading to concrete degradation and reinforcement corrosion, creating an unacceptable level of structural risk.

Self-healing concrete can be characterized by the concrete's ability to repair its own cracks autogenously or autonomously. Such concrete combines durability with environmental sustainability, offsetting high carbon emissions during production as well as associated costs throughout its lifecycle. Self-healing concrete is not a new material in the construction industry, but recent advances in concrete research and technology provide a better understanding of its self-healing properties. This article examines the technologies for manufacturing self-healing concrete and their applications in the construction industry through a comprehensive review of the literature and available case studies.

Main part. In 2006, Professor Henk Jonkers, a microbiologist at Delft University of Technology in the Netherlands, invented self-healing concrete (SHC). After 36 months of testing, he discovered the ideal healing agent – special bacterial spores (*Bacillus subtilis* or similar) and capsules containing nutrients (calcium lactate).

The pursuit of sustainability in the construction industry has led to innovative approaches that not only increase the durability of concrete but also aim to reduce carbon emissions. Several self-healing concrete technologies are specifically designed to address these aspects of self-healing and carbon reduction [1].

A modern mechanism for concrete self-healing is «microbial-induced calcium carbonate precipitation» (MICCP), which is one of the low-toxicity methods for repairing cracks. Bio-mediated calcium carbonate (CaCO_3) is formed as a result of a reaction between urease-producing bacteria, nutrients, and urea. Ureolytic bacteria combine with urea during the reaction process, converting into ammonium and carbonate ions, and the precipitation of CaCO_3 is associated with the addition of calcium salt [2]. This is an innovative approach to the continuous repair of microcracks in concrete, improving its durability and, thus, reducing maintenance costs.

To reduce carbon emissions, MICCP uses bacteria that naturally precipitate calcite when activated by water entering cracks. Calcite precipitation not only heals cracks but can also absorb carbon dioxide during the formation of calcium carbonate. This biological process transforms concrete into a carbon sink, offsetting some of the carbon emissions associated with cement production. Additionally, it enhances the durability of the concrete and extends its service life, reducing the environmental impact of frequent repairs and replacements.

Another modern technology for concrete self-healing involves the use of biogenic limestone. Biogenic limestone utilizes photosynthetic bacteria to produce limestone within the concrete matrix. Like MICCP, the bacteria can capture and convert CO₂ into calcium carbonate, naturally healing cracks and strengthening the concrete. For the production of portland cement, limestone is typically extracted from quarries and then burned at high temperatures. This process releases significant amounts of carbon dioxide into the atmosphere.

However, a recent study has shown that the use of biologically grown limestone – formed through photosynthesis by certain species of calcareous microalgae, similar to the growth of coral reefs – could replace the need for mined limestone. This bio-grown limestone, cultivated by coccolithophores, is a clean, carbon-neutral alternative to traditional limestone. In other words, the amount of carbon dioxide released during production is equal to the amount absorbed by the microorganisms during photosynthesis.

When combined with self-healing technologies, such as encapsulated polymers that release healing agents to repair cracks, the overall environmental footprint of concrete can be significantly reduced. Cementitious additives typically include materials that are byproducts of other industrial processes and require less energy to produce than cement. Reducing the amount of Portland cement in concrete significantly lowers CO₂ emissions [3]. Concrete strength can be improved by adding supplementary silica materials, such as silica dust, fumed silica, and others. However, replacing river sand can prevent the depletion of natural resources and also offers a solution for the disposal of copper slag. Currently, the disposal of copper slag itself is a major problem, as the production of one ton of copper results in 2.2 tons of slag. Copper slag and similar metal slags can be recycled in concrete [4].

Shape-memory polymers are innovative materials that respond to various stimuli – such as heat, electric and magnetic fields, water, or light – by changing their size, shape, stiffness, or deformability [5]. In a study published in the scientific journal *Polymers*, polyethylene terephthalate (PET) in the form of SHM hollow tubes and fibres is used to seal cracks in concrete. These devices are designed to generate a shrinkage-restraining force that promotes crack closure. The shrinkage restraint force in the fibres was measured as a function of temperature and was found to exceed 35 MPa [5]. Tendons made from bundles of PET fibres are embedded in concrete beams, and when activated, they help reduce crack width by 80%.

Another class of devices, called knotted fibres, is manufactured using the same fibres and features knotted ends that act as anchor points when embedded directly into concrete. Upon activation, these devices completely close the cracks. In other cases, tubes are used to contain and hold prestressed kevlar fibres. Upon activation, the tubes compress and release the prestresses in the kevlar, which is transferred to the surrounding concrete, thereby closing the cracks.

Kevlar fibres also provide significant reinforcement after activation. These devices have been shown to partially or completely close cracks up to 0.3 mm wide and achieve post-activation flexural strength comparable to that of traditionally reinforced and prestressed structural elements. Further research is needed to determine whether these polymers are capable of carbon sequestration, but it is known that incorporating recycled PET into fibre bundles and other composites makes the material more durable, accompanied by improved engineering properties and economic benefits.

Conclusions. Self-healing concrete manufacturing technologies such as microbe-induced calcium carbonate precipitation, the use of biogenic limestone, shape-memory polymers, encapsulation methods, hydration, and swelling agents have the potential to reduce carbon emissions while simultaneously increasing sustainability and durability.

References

1. Cavalieri, F., Bellotti, D., Caruso, M., Nascimbene, R. Comparative evaluation of seismic performance and environmental impact of traditional and dissipation-based retrofitting solutions for precast structures. *J. Build. Eng.* 2023, 79, 107918.
2. Jongvivatsakul, P., Janprasit, K., Nuaklong, P. Investigation of the crack healing performance in mortar using microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP) method. *Constr. Build. Mater.* 2019, 212, 737–744.
3. American Concrete Institute. Technical Questions. Retrieved from American Concrete Institute. Available online: <https://www.concrete.org/frequentlyaskedquestions/faqid/688.aspx#:~:text=A%20pozzolan%20is%20a%20siliceous,form%20is%20having%20cementitious%20properties>
4. Prabha, S.L. Development of high-strength nano-cementitious composites using copper slag. *ACI Mater. J.* 2020, 117, 37–46.
5. Kaushal, V., Saeed, E. Sustainable and Innovative Self-Healing Concrete Technologies to Mitigate Environmental Impacts in Construction. *CivilEng* 2024, 5, 549–558. <https://doi.org/10.3390/civileng5030029>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАГМЕНТІВ СТІН ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ 3D ДРУКУ

*Демчина Б.Г., д.т.н., професор; Нурманов А.Н., аспірант
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*

Вступ. Розвиток адитивних технологій у будівельній індустрії відкриває широкі перспективи для автоматизації будівельних процесів, зниження матеріаломісткості та суттєвого прискорення темпів зведення об'єктів. Сьогодні в Національному університеті «Львівська політехніка» активно розглядають можливість застосування технології 3D-друку для виготовлення несучих конструкцій, зокрема балок [1, 2], арок [3] та куполів [4]. Також одним із перспективних напрямів досліджень є концепція використання надрукованих на будівельному 3D-принтері бетонних несучих стін одночасно як і незнімної опалубки з наступним заповненням їх внутрішнього простору легкими теплоізоляційними матеріалами, зокрема пінобетоном. Проте впровадження таких комбінованих конструкцій у реальну практику потребує детального експериментального вивчення їхньої несучої та теплоізолюючої здатності.

Основний текст. У межах дослідження було виготовлено та комплексно випробувано серію дослідних фрагментів стін марок С-1, С-2 та С-3 висотою 900 мм (рис.1), шириною 500 мм та загальною товщиною перерізу 450 мм.

Конструктивна схема зразків включала:

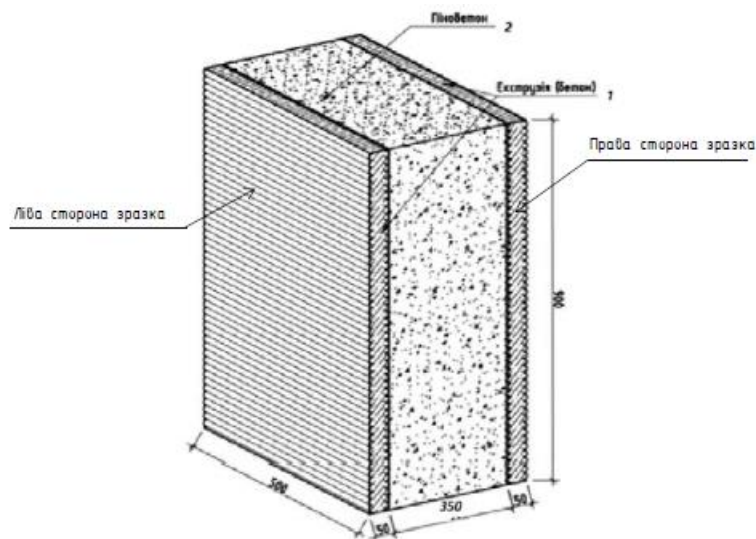


Рис. 1. Конструкція дослідних зразків стін марки С-1, 1 – екструзія (бетонний шар), 2 – пінобетонний шар

- Зовнішні шари (несучі та незнімна опалубка): дві паралельні стінки товщиною по 50 мм, виконані методом пошарової екструзії бетонної суміші будівельним 3D-принтером.

- Внутрішнє осердя: шар монолітного пінобетону товщиною 350 мм. Для порівняльного аналізу використовували пінобетон трьох марок за густиною, а саме D150 , D200 та D300.

- Конструктивне армування: у зразках стін між екструдованими шарами в процесі друку були встановлені горизонтальні склосітки діаметром стержнів 3 мм (розмір комірки 50x50 мм) із кроком 250 мм за висотою для забезпечення стійкості стінок екструзії.

Окремо проводилися випробування кубів (марки Б-1 та Б-2), з екструдованого бетону, для визначення його міцності залежно від напрямку прикладання навантаження до напрямку друку. Зразок марки Б-1 навантажувався перпендикулярно до напрямку руху сопла при формування екструзії, а зразок марки Б-2 - паралельно до напрямку руху сопла. Характер руйнування кубів при навантаженні перпендикулярно підтвердив виражену шарувату анізотропію матеріалу (табл.1).

Таблиця 1 – Результати випробувань зразків кубів

№шп	Геометричні розміри перерізу, мм	Площа перерізу зразка, см ²	Руйнівне навантаження, кН	Міцність бетону, МПа	Забезпечений клас міцності бетону
Б-1	100x92,7	92,7	120,0	12,95	C8/10
Б-2	96x97.5	93,6	156,25	16,7	C12/15

Статичні випробування фрагментів стін на осьовий стиск виконувалися на спеціальній дослідній установці (пресі) з фіксацією деформацій за допомогою індикаторів годинникового типу (рис.2).



Рис.2. Випробування фрагментів стін

Експериментально встановлені значення руйнівного навантаження для дослідних зразків стінок наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань зразків стін

№	Марка зразка стінки	Пінобетон		Бетон (при розташуванні шарів горизонтально)		Руйнуюче навантаження, кН
		марка	міцність, МПа	Відповідність класу бетону	міцність, МПа	
1	C-1	D150	0,036	C12/15	16,7	480
2	C-2.1	D200	0,121			490
3	C-2.2	D200	0,121			460
4	C-3	D300	0.483			460

Важливою частиною роботи стали дослідження фрагментів стін на спеціалізованому полігоні з метою оцінки їхньої осколкової стійкості. Випробування проводилися за схемою імітації підриву гранати на відстані 7 м від стіни. Результати візуального та інструментального контролю після вибуху продемонстрували, що комбінована тришарова структура «екструдований бетон – пінобетон – екструдований бетон» ефективно поглинає й розсіює кінетичну енергію осколків. Наскрізних пробиттів або критичних сколів тильної сторони зафіксовано не було (рис.3).

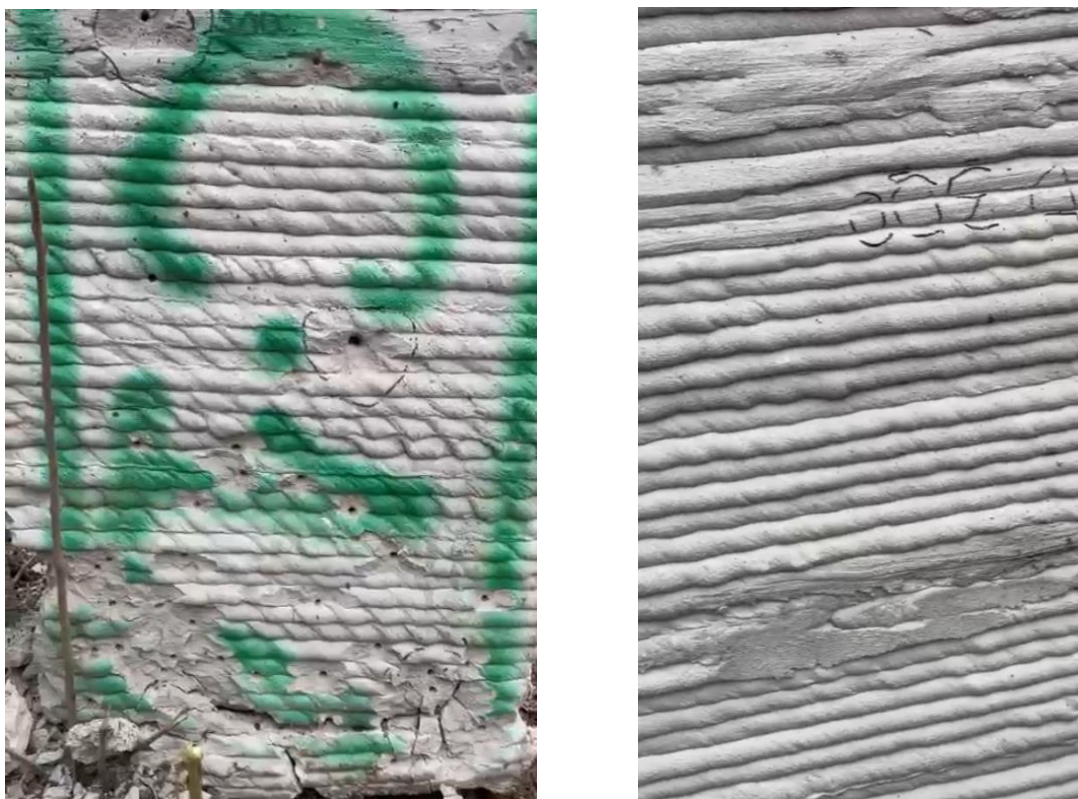


Рис.3. Фронтowa та тильна сторони досліджуваного фрагмента стіни

Висновки. Експериментальні дослідження довели високу конструктивну надійність та несучу здатність стінових огорожень, зведених за допомогою 3D-друку. Попри наявність міжшарової анізотропії екструдованого бетону, інтеграція зовнішніх надрукованих стінок із легким пінобетонним ядром дозволяє сприймати значні статичні стискаючі навантаження (до 460–490 кН). Успішні випробування на полігоні обґрунтовують технічну можливість та доцільність використання таких пошарових композитних систем для оперативного зведення елементів цивільної інфраструктури, а також мобільних захисних споруд типу «острівці безпеки».

Список використаних джерел

1. Demchyna B., Vozniuk L., Shcherbakov S., Burak D., Artemenko V., Hnes I. 3D printing of a semi-circular unreinforced arch using a building printer // AIP Conference Proceedings. – 2026. – Vol. 3364, iss. 1 : 12th International conference on Applied Mechanics, 15 November 2024, Bydgoszcz, Poland. <https://doi.org/10.1063/5.0302953> (SciVerse SCOPUS).
2. Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Burak D., Famulyak Y. Load-bearing capacity of beams manufactured using 3D printing and reinforced with welded frames // AIP Conference Proceedings. – 2026. – Vol. 3364, iss. 1 : 12th International conference on Applied Mechanics, 15 November 2024.
3. Демчина Б. Г., Вознюк Л. І., Бурак Д. Ю., Щербаков С. О. 3D друк балок із можливістю влаштування поперечного армування, враховуючи особливості роботи будівельного принтера // Будівельні конструкції. Теорія і практика : збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 14. – С. 57–66.
4. Demchyna B., Vozniuk L., Surmai M., Osadchuk*** T. Load-bearing capacity and deformability of a ribbed PLA plastic plate manufactured using 3D technology // Materials Science. – 2025. – Vol. 60, iss. 5. – P. 614–619.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВЛАШТУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПІДЗЕМНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Карманець С.В., заступник директора ТОВ «ЦГП», м. Київ

Вступ. Підземні частини будівель і споруд — фундаменти, підпірні стіни, паркінги, резервуари, насосні станції — експлуатуються в умовах постійного впливу ґрунтових і поверхневих вод, і їхня довговічність значною мірою визначається ефективністю гідроізоляційного захисту [1; 2]. Порушення герметичності призводить до фільтрації води, корозії арматури, руйнування захисного шару бетону та необхідності проведення відновлювальних робіт, що пов'язані зі складністю доступу до підземних частин конструкцій [3; 4, с. 482–490].

Аналіз практики експлуатації показує, що значна частина дефектів виникає не через властивості окремих матеріалів, а через відсутність комплексного підходу до формування єдиного безперервного контуру захисту [1]. Найвразливішими залишаються робочі та деформаційні шви, вузли проходження інженерних мереж, отвори від стяжок опалубки і зони можливого тріщиноутворення — саме тут найчастіше формуються локальні шляхи фільтрації [1, розд. 11–12; 5].

Робота побудована на узагальненні положень чинних нормативних документів з проєктування гідроізоляції підземних будівельних конструкцій, нормативних вимог до бетонних і залізобетонних конструкцій та практичного досвіду улаштування гідроізоляційних систем.

Основна частина. Структурна гідроізоляція передбачає побудову багаторівневого захисту, у якому окремі елементи доповнюють один одного та формують єдиний захисний контур, обмежуючи поширення можливих протікань і забезпечують ремонтпридатність споруди впродовж усього строку експлуатації (рис. 1) [1, розд. 7].

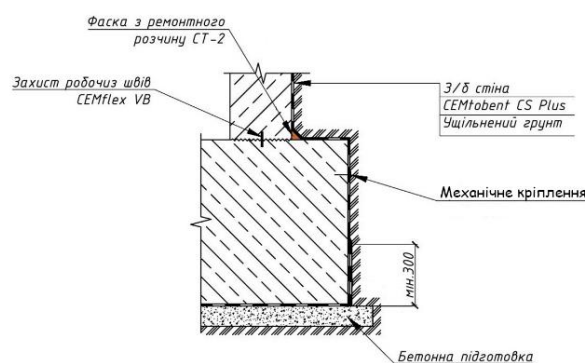


Рис. 1. Влаштування гідроізоляції із застосуванням мембрани Cemtabent CS Plus

Основою водонепроникності будь-якої підземної конструкції є якісно виконаний бетон: щільність укладання, дотримання водоцементного співвідношення та режимів витримування безпосередньо визначають його проникність [5; 4, с. 255–264]. Однак навіть бездоганно виконана споруда не забезпечує герметичність у місцях конструкційних швів, проходження

інженерних комунікацій і зон потенційного тріщиноутворення — для них застосовують спеціалізовані структурні рішення.

Перший рівень структурної гідроізоляції формують полімерні композитні мембрани з контактним зчепленням з бетоном, які монтується в опалубку до початку бетонування. У процесі тверднення бетон проникає у спеціальний адгезивний шар, утворюючи механічне зчеплення, що обмежує бокову міграцію води між мембраною та бетоном у разі пошкодження (рис. 2). Це знижує ризик поширення витоків під час зворотного засипання чи експлуатації [1, розд. 7].

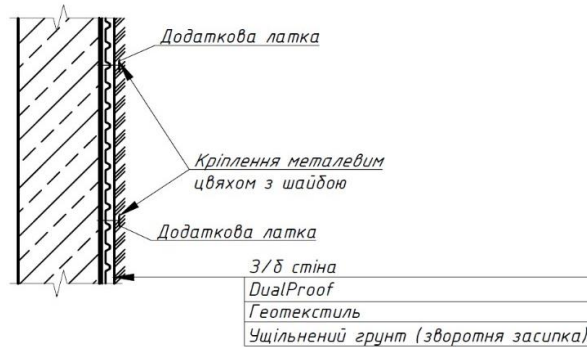


Рис. 2. Улаштування вертикальної гідроізоляції з полімерною мембраною DualProof

Поряд із мембранами контактного зчеплення застосовуються активні самогерметизуючі матеріали типу ВРА-SilverSeal. Принцип роботи таких рішень базується на здатності герметизувати локальні дефекти конструкції при контакті з вологою.

Окремим напрямком розвитку структурної гідроізоляції є бентонітові композитні мембрани типу ВРА-Cemtobent CS Plus, що поєднують флісовий шар для зчеплення з бетоном, активний мінеральний контур на основі інкапсульованої бентонітової глини між двома шарами тривимірного геотекстилю та ЕПДМ-мембрану. При контакті з водою бентоніт збільшується в об'ємі та перекриває потенційні канали фільтрації; такий захист зберігає працездатність і не допускає проростання коренів рослин [1, розд. 7].

Незалежно від типу основного бар'єру найбільш уразливими залишаються робочі шви. Пріоритетним рішенням для їх герметизації є елементи типу ВРА-Cemflex — металева пластина з активним мінеральним покриттям, що при контакті з вологою додатково ущільнює зону шва. Металева основа зберігає геометрію елемента під час бетонування, а інтеграція у тіло бетону забезпечує довговічність, співмірну з ресурсом самої споруди (рис. 3) [1].

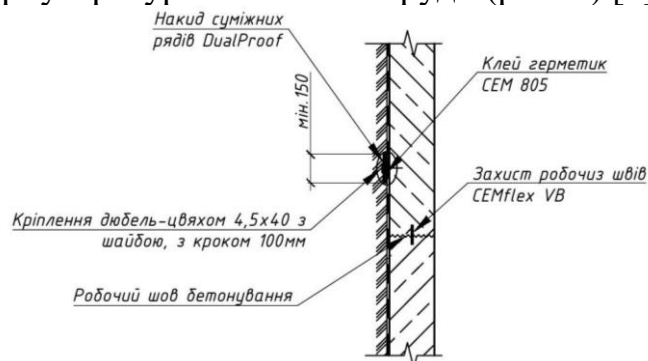


Рис. 3. Гідроізоляція холодних стиків бетонування із застосуванням Cemflex VB

Якщо встановлення ВРА-Cemflex не передбачене або технічно неможливе, для ущільнення робочих швів і вузлів проходження комунікацій застосовують гідрофільний профіль типу ВРА-Cemswell (рис. 4).

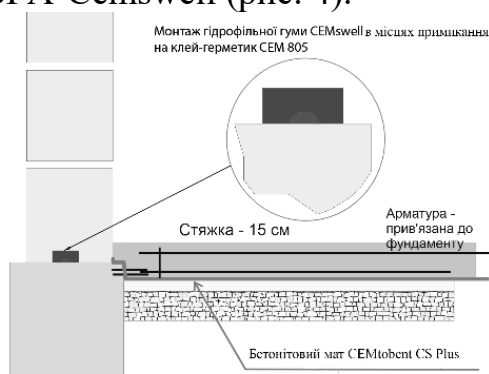


Рис. 4. Гідроізоляція холодних стиків бетонування із застосуванням CEMswell

Принцип роботи профілю Cemswell базується на збільшенні об'єму матеріалу при контакті з вологою, що компенсує локальні порожнини та мікродефекти. Цей же тип елементів використовують для герметизації отворів від стяжок опалубки — типового джерела точкових витоків (рис. 5) [1, розд. 12].

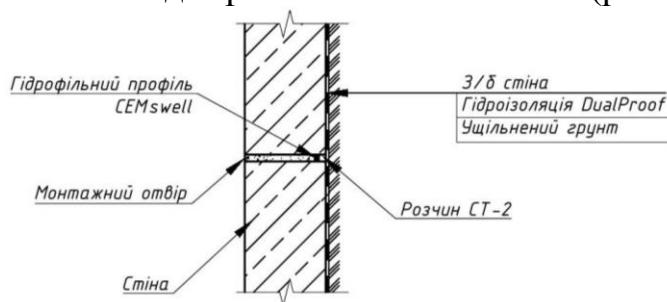


Рис. 5. Герметизація монтажних отворів від шпильок опалубки із застосуванням CEMswell

Деформаційні шви потребують окремих рішень, оскільки у процесі експлуатації вони працюють в умовах повторюваних деформацій. Для збереження герметичності у таких зонах застосовують еластичні полімерні гідрошпонки — внутрішні та зовнішні, які інтегруються у тіло конструкції під час бетонування або встановлюються після його завершення (рис. 6). Узгодження гідрошпонок із мембранною гідроізоляцією забезпечує безперервність контуру у найвразливіших ділянках [1, розд. 11].

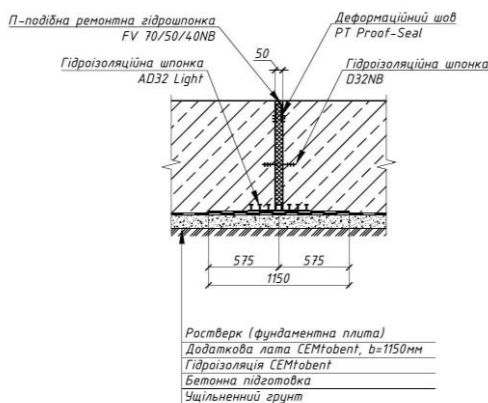


Рис. 6. Улаштування гідроізоляції горизонтального деформаційного шва

Завершальним елементом системи є забезпечення ремонтпридатності конструкції. Локальні дефекти можуть виявитися у процесі експлуатації внаслідок нерівномірної осадки, температурних деформацій чи старіння матеріалів [4, с. 612–620; 3]. Для конструкцій з ускладненим доступом доцільно передбачати резервний ін'єкційний контур типу ВРА-Predimax: ін'єкційні шланги закладаються у конструкцію на етапі бетонування і у разі протікань дозволяють виконувати ін'єктування герметизуючих складів (CarboPur WX або CarboCrackSeal H+, виробництва Minova), без розкриття конструкції [1].

Висновки. Ефективність гідроізоляції підземних частин споруд визначається не тільки властивостями окремих матеріалів, а й безперервністю гідроізоляційного контуру та узгодженою роботою всіх його елементів. Найвразливішими залишаються робочі й деформаційні шви, вузли проходження комунікацій та отвори від стяжок опалубки — їх герметизація потребує спеціалізованих шовних та ущільнювальних рішень. Багаторівневі структурні системи, у яких мембранні, активні, шовні й локальні елементи доповнюють один одного, забезпечують стійкий захист навіть за наявності локальних дефектів виконання, а передбачення резервного ін'єкційного контуру дозволяє виконувати локальне усунення протікань без розкриття конструкції і суттєво подовжує термін експлуатації.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9253:2023. Настанова з проєктування гідроізоляції підземних будівельних конструкцій. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023.
2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
3. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 64 с.
4. Neville A. M. Properties of Concrete. Fifth Edition. Harlow: Pearson Education, 2011. 846 p.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
6. ACI 224R-01. Control of Cracking in Concrete Structures. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2001. 45 p.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Козаченко Є.М., асистент

Копійка О.О., асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький

Вступ. Сучасне будівництво характеризується активним впровадженням цифрових технологій та інноваційних рішень, що сприяють підвищенню ефективності виробничих процесів. Зростання складності будівельних проєктів, збільшення обсягів робіт і підвищення вимог до їх якості та термінів виконання потребують удосконалення системи логістичного забезпечення. Логістика у будівельному виробництві охоплює організацію постачання матеріалів, транспортування будівельних конструкцій, переміщення машин і механізмів, управління матеріальними потоками та координацію взаємодії між усіма учасниками будівельного процесу. Недосконалість логістичних схем може призводити до перевитрат матеріальних ресурсів, затримок у виконанні робіт, простоїв техніки, зниження продуктивності праці та збільшення експлуатаційних витрат.

У зв'язку з цим важливого значення набуває впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які базуються на використанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизованих систем керування та цифрових засобів моніторингу. Такі системи забезпечують оперативний контроль транспортних процесів, підвищують точність планування перевезень і дозволяють ефективно управляти логістичними потоками в режимі реального часу.

Інтеграція ІТС у логістику будівельного виробництва відповідає сучасним тенденціям розвитку концепції «Індустрія 4.0» та цифрової трансформації будівельної галузі. Використання супутникових систем навігації, технологій GPS-моніторингу, сенсорних мереж, автоматизованих платформ диспетчеризації та інтелектуального аналізу даних сприяє оптимізації маршрутів транспортування, скороченню витрат пального, підвищенню ефективності використання будівельної техніки та забезпеченню безперервності виробничих процесів [1-3].

Основний текст. Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) являють собою сукупність технічних, програмних та телекомунікаційних засобів, призначених для автоматизації управління транспортними процесами, підвищення ефективності логістичних операцій і контролю параметрів перевезень у режимі реального часу. У сфері будівництва ІТС виступають важливим інструментом цифровізації логістики, забезпечуючи підвищення керованості транспортними потоками, прозорість процесів постачання та зменшення впливу людського фактора на прийняття управлінських рішень.

Функціональні можливості ІТС у логістичному забезпеченні будівництва це моніторинг і керування транспортними засобами. Однією з найважливіших сфер застосування ІТС є автоматизований контроль роботи автопарку.

Завдяки цьому підвищується ефективність використання транспортних ресурсів, зменшуються експлуатаційні витрати та скорочуються непродуктивні простой техніки.

Оптимізація маршрутів постачання будівельних матеріалів

Інтелектуальні транспортні системи дозволяють автоматично визначати найбільш ефективні маршрути перевезення з урахуванням транспортної завантаженості доріг, погодних умов, особливостей вантажів та графіків роботи будівельних майданчиків.

Застосування сучасних алгоритмів динамічної маршрутизації забезпечує: скорочення тривалості перевезень на 15–20 %, зменшення витрат пального на 10–30 %, підвищення ритмічності постачання матеріалів, зниження ризику виникнення затримок у виробничому процесі.

Раціональне планування маршрутів сприяє ефективнішому використанню транспортних засобів та мінімізує простой будівельної техніки.

Інтеграція з цифровими системами управління будівництвом

Важливою перевагою ІТС є можливість їх інтеграції з інформаційними платформами BIM, ERP, WMS та іншими цифровими системами управління будівельними проектами. Така взаємодія дозволяє:

- узгоджувати графіки поставок із календарними планами виконання робіт;
- автоматизувати облік матеріальних ресурсів;
- контролювати складські запаси та своєчасно формувати заявки на постачання;
- забезпечувати повну прозорість логістичних процесів і діяльності підрядних організацій.

Формування єдиного цифрового інформаційного середовища сприяє прийняттю більш обґрунтованих управлінських рішень та підвищує ефективність реалізації будівельних проектів [4-6].

Підвищення рівня безпеки та екологічної ефективності

Сучасні інтелектуальні транспортні системи виконують важливі функції щодо забезпечення безпеки транспортних операцій. Вони дозволяють контролювати швидкісний режим руху, автоматично повідомляти про потенційно небезпечні ділянки маршрутів, фіксувати відхилення від затверджених схем перевезень та попереджати виникнення аварійних ситуацій [7-8].

Крім того, використання ІТС сприяє зниженню негативного впливу транспортних процесів на довкілля. Оптимізація маршрутів, скорочення холостих пробігів та підвищення паливної ефективності транспортних засобів дозволяють суттєво зменшити обсяги шкідливих викидів в атмосферу та забезпечити більш раціональне використання енергетичних ресурсів.

На основі практичного досвіду будівельних компаній встановлено, що впровадження ІТС забезпечує результати які наведені на рисунку 1.



Рис. 1. Результати впровадження ІТС

Таким чином, інтеграція інтелектуальних транспортних систем у логістику будівельного виробництва створює передумови для підвищення ефективності управління транспортними процесами, скорочення витрат, покращення безпеки праці та реалізації принципів сталого розвитку в будівельній галузі.

Висновок. Інтелектуальні транспортні системи відіграють важливу роль у вдосконаленні логістичного забезпечення будівельного виробництва. Їх застосування дає змогу автоматизувати процеси управління транспортними потоками, підвищити ефективність використання автотранспортних засобів, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити своєчасне виконання будівельних робіт. Впровадження ІТС сприяє формуванню сучасної моделі логістики, яка відповідає концепції Індустрії 4.0 та актуальним потребам будівельної галузі.

У перспективі розвиток ІТС створить умови для функціонування повністю інтегрованих, гнучких і самокерованих логістичних систем на будівельних підприємствах. Такі системи забезпечать підвищення продуктивності, покращення рівня безпеки транспортних операцій, раціональне використання ресурсів і зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, що сприятиме сталому розвитку будівельної галузі.

Список використаних джерел

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 46 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 30 с.
3. Бойко В.М. Логістика у будівництві : навчальний посібник. – Київ : Кондор, 2020. – 312 с.
4. Гриньов В.П., Соколова О.Є. Управління логістичними процесами в будівельній галузі. – Харків : ХНУБА, 2021. – 248 с.
5. Крикавський Є.В. Логістика та управління ланцюгами постачань : підручник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 848 с.
6. Нагорний Є.В., Лебідь І.Г. Транспортна логістика : навчальний посібник. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 308 с.
7. Гудков В.А. Інтелектуальні транспортні системи : навчальний посібник. – Київ : НТУ, 2020. – 296 с.
8. Журавель В.В., Савченко О.М. Цифрові технології в управлінні транспортними системами. – Дніпро : Пороги, 2021. – 274 с.

СИСТЕМНА ПАРАДИГМА ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Копійка О.О., асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Сучасна архітектурно-будівельна галузь перебуває у стані фундаментального парадигмального зсуву в структурній механіці та матеріалознавстві. Стратегічний перехід від «пасивних статичних систем» до «інтелектуальних адаптивних конструкцій» диктується глобальними викликами декарбонізації та необхідністю радикального підвищення енергоефективності протягом усього життєвого циклу споруд. Традиційний залізобетон, попри свою домінуючу роль у ХХ столітті, сьогодні демонструє технологічну вичерпність через високий вуглецевий слід та вразливість сталевих армувань до корозії. Інноваційні матеріали нового покоління не лише нівелюють ці недоліки, а й створюють основу для автономних систем, що вимагає нової системної класифікації та інтегрованого підходу до проектування.

Основний текст. Системна класифікація та теоретичні основи інтелектуальних композитів (ІБК).

Для сучасного інженерного проектування критично важливим є структурування знань у межах теорії інтелектуальних будівельних композитів (ІБК), де матеріал розглядається як активний елемент системи.

Таблиця 1. Багатофакторна класифікація будівельних матеріалів (парадигма ІБК)

Класифікаційна ознака	Категорії матеріалів	Технологічна сутність та приклади
За походженням	Неорганічні та Органічні	Мінеральні в'язучі, природний камінь; деревина, конопляна костриця, тваринний колаген.
За структурою (ІБК)	Природні, змішані, компаундовані, комбіновані	Використання без зміни складу; змішування мінералів; сплави органіки; синтез мінеральних матриць з полімерами.
За способом твердіння	Обжигові та комплексні	Кристалізація з вогненних розплавів на основі глини, шлаків, лужних шихт або гірських порід.
За призначенням	Конструкційні та Спеціальні	Сприйняття механічних навантажень; гідро-, тепло-, акустична ізоляція та активне оздоблення.

Теорія ІБК фактично ліквідує межу між тримальними та ізоляційними елементами. Впровадження цієї концепції перетворює «шкіру» та «скелет» будівлі на інтегровану сенсорно-актуаторну мережу. Один елемент системи тепер здатний одночасно забезпечувати структурну стійкість, екстремальну термоізоляцію та самодіагностику дефектів у реальному часі.

Нанотехнологічні конструкційні та ізоляційні матеріали нового покоління. Наномодифікація структури матеріалів є головним драйвером зниження матеріаломісткості та вуглецевої інтенсивності будівництва:

1. Carbon Reinforced Concrete: Технологія, розроблена консорціумом Carbon Concrete Composite, базується на заміні сталі вуглецевим волокном. Параметри вражають: вуглецева арматура у 4 рази легша та в 5–6 разів міцніша за сталь. Завдяки абсолютній корозійній стійкості товщина захисного шару бетону скорочується з 30–50 мм до декількох міліметрів. Це дозволяє зменшити об'єм бетону на 50% та скоротити викиди CO² на 70%.

2. Графенобетон: Інтеграція графенових нанопластинок ущільнює цементну матрицю, забезпечуючи виняткову адгезію та стійкість до агресивних хлоридних середовищ, що критично для гідротехнічних споруд.

3. Силікатний аерогель: Матеріал з нанопористою структурою (99.8% повітря), де розмір чарунок менший за середню довжину вільного пробігу молекул газу. Це практично повністю усуває конвективне перенесення тепла.

4. Прозорий алюміній: Оптична кераміка, що у 3–4 рази міцніша за загартоване скло. Вона пропускає до 80% світла, забезпечуючи антивандальну та вибухостійку безпеку в преміальній архітектурі.

Економічний ефект від використання аерогелів полягає у зниженні ваги конструкцій та збільшенні терміну експлуатації до 100–200 років. Це радикально змінює структуру інвестицій, переносячи акцент на довгострокову безремонтну життєздатність об'єктів.

Механізми автономного самовідновлення. Біоміметичний підхід дозволяє трансформувати споруду в «живу» систему, здатну самостійно лікувати мікропошкодження:

1. Біологічний підхід (біо-бетон): Використання спор бактерій родів *Bacillus* та *Sporosarcina* разом із лактатом кальцію. При виникненні тріщини (до 0.8 мм) волога активує метаболізм бактерій, що призводить до осадження кальциту (вапняку), який герметизує порожнину за 2–4 тижні. Комерційне рішення Basilisk НА вже зареєстроване в японській державній системі NETIS, що підтверджує його технологічну зрілість.

2. Хімічний підхід (мікроенкапсуляція): Інтеграція капсул з епоксидними смолами. При розриві оболонки капсули напруженням, реагент вивільняється і полімеризується.

3. Васкулярні системи: Мережі мікротрубок у полімерних композитах, що діють аналогічно до кровоносної системи, забезпечуючи постійне постачання «лікувального» агента.

Технології не просто зменшують експлуатаційні витрати, а виступають бар'єром для корозійних агентів, запобігаючи деградації арматури на ранніх стадіях, що є критичним для інфраструктурних об'єктів (тунелі, мости).

Адаптивні фасади та біоінтегровані системи. Фасади еволюціонують від статичних огорожень до динамічних фільтрів енергії.

Таблиця 2. Порівняння технологій Smart Glass та інтелектуальних систем

Технологія	Принцип роботи	Час реакції	Енергоспоживання	Специфіка
PDLC	Рідкі кристали	1–3 сек	3–5 Вт/м ²	Приватність; потребує живлення для прозорості.
SPD	Зважені частки	1–5 сек	Постійна напруга	Димування; зовнішнє скління.
Electrochromic (EC)	Рух іонів Li	Хвилини	Тільки при зміні стану	Кожне вікно має IP-адресу.
Thermochromic	Фазовий перехід	Автоматично	Енергонезалежне	Пасивне зниження тепла на 30%.

Особливе місце посідає кейс BIQ House (Гамбург). Його фасад складається з 129 плоских скляних біореакторів з мікрководоростями. Система генерує 6000 кВт·год тепла на рік, яке акумулюється в геотермальних свердловинах завглибшки 80 м. Водорості поглинають CO² і забезпечують динамічне затінення, швидкість якого залежить від інтенсивності інсоляції.

Впровадження VIPV та біореакторів дозволяє досягти стандартів Net-Zero, перетворюючи будівлю з енергоспоживача на активного генератора ресурсів, знижуючи витрати на HVAC до 25%.

Системи моніторингу будівельних конструкцій (SHM) та вбудована сенсорика. Реалізація «Цифрових двійників» неможлива без інтегрованої сенсорики, що відповідає стандарту EN 13830:

1. Волоконно-оптичні сенсори: Вимірюють деформації, інертні до ЕМ-завад.

2. П'єзоелектричні сенсори: Реєструють акустичну емісію мікротріщин у колонах.

3. Виклики інтеграції: Необхідність забезпечення адгезії сенсора до матриці та захист від високих температур під час гідратації бетону.

Для України, в умовах постійних сейсмічних та військових ризиків, системи SHM стають інструментом стратегічної безпеки, дозволяючи проводити оцінку структурної цілісності об'єктів у режимі реального часу після вибухових або сейсмічних подій.

Роботизація та автоматизація будівельних процесів. Роботизація майданчиків є ключем до подолання дефіциту кадрів та підвищення точності. Платформа Hadrian X демонструє продуктивність до 500 блоків на годину, працюючи з елементами вагою до 45 кг. Роботизовані маніпулятори KUKA та САD-принтери для розмітки мінімізують геометричні похибки, прискорюючи монтаж у 5 разів.

Автоматизація дозволяє виключити людський фактор у критичних вузлах, забезпечуючи ідеальну відповідність зведеного об'єкта його цифровій моделі (BIM).

Інноваційне будівництво в Україні: Кейси та стандартизація. Україна демонструє високу адаптивність до світових трендів, впроваджуючи стандарт SEM UA.10156.41.032:2025, гармонізований з ISO 14024 та LEED/BREEAM:

1. ПБГ «Ковальська»: Впровадження цифрового контролю якості та виробництво сейсмостійких рам РПС (до 9 балів) і оптимізованих САD-блоків БЛС.

2. Empire: Експорт вуглецево-негативного «Хемпкрити» у 10 країн світу; матеріал забезпечує пасивну терморегуляцію та вогнестійкість.

3. NovaSklo (EFI Group): Стратегічний проєкт виробництва архітектурного скла Jumbo XXL (до 12 м), що критично для сучасної архітектури.

4. Смарт-скло: Кластер виробників (Арміглас, СНОК Лтд), що інтегрують PDLC-технології в українські девелоперські проєкти.

Локалізація виробництва (зокрема NovaSklo) є питанням національної безпеки та економічної незалежності під час масштабної відбудови. Використання вітчизняних інновацій дозволить відбудувати Україну за принципом «Build Back Better».

Висновки. Системна інтеграція інтелектуальних конструкцій та цифрових технологій управління є безальтернативним шляхом розвитку галузі. Майбутнє за матеріалами, що діють як системи. Локалізація цих технологій в Україні — це фундамент не просто швидкої, а технологічно досконалої та стійкої відбудови держави.

Використані джерела

1. Класифікація будівельних матеріалів. Режим доступу: <https://polyform.lviv.ua/klasifikacziya-budivelnih-materialiv/>

2. ТОП-7 нових матеріалів для будівництва у 2025 році: що варто знати кожному забудовнику. Режим доступу: <https://avebud.com.ua/top-7-novih-materialiv-dlya-budivnicztva-u-2025-roczy-shho-var-to-znati-kozhnomu-zabudovniku/>

3. Інновації в утепленні будівель: аерогелева теплоізоляція та перевірені технології. Режим доступу: <https://pic-pk.ua/innovatsii-v-uteplenni-budivel-aeroheleva-teploizoliatsiia-ta-perevireni-tekhnolohii/>

4. Самовідновлювальний бетон — нова віха в будівництві та ремонті споруд. Режим доступу: <https://pic-pk.ua/samovidnovlyuvalniy-beton-nova-viha-budivnitstvi-remonti-sporud/>

ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кравченко В.І., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Осади стічних вод є значним побічним продуктом міських каналізаційних очисних споруд. Обробка та утилізація таких відходів стали однією з найсерйозніших екологічних проблем в Україні і світі. Так, на сьогодні в Україні кількість біологічно та бактеріологічно забрудненого накопиченого осаду сягає більше 5 млрд. т [1], який виводить з обороту значні площі земель та створює екологічну небезпеку навколишньому середовищу.

Традиційні методи утилізації мулових осадів, що застосовуються у світі, наприклад, шляхом депонування та використання у сільському господарстві, є нежиттєздатними через брак ефективних технологій, земельних площ та зростаючі проблеми навколишнього середовища. Найбільш перспективними способами утилізації мулових осадів, що переважно застосовуються у світі наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Способи утилізації осадів стічних вод у світі [2]

Країна	Спосіб утилізації, %				
	Захоронення	Спалювання	Добрива	Будматеріали	Інше
США	28	15	47	6	4
Китай	14	-	3	-	83
Японія	20	15	11	52	2
Швеція	22	5	23	-	50
Фінляндія	-	-	10	-	90
Польща	18	3	22	-	57
Велика Британія	7	17	69	-	7
Німеччина	5	51	30	-	13
Нідерланди	5	68	-	20	7
Іспанія	17	5	65	-	13
Португалія	7	-	87	-	6
Україна	95	-	5	-	-

Сьогодні більш суворі вимоги по відношенню поводження з місцевими стічними осадами ставлять перед країною нові задачі, одна з яких – знайти напрямки для зміни способу їх утилізації. Так, Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» від 12.01.2023 р. зобов'язує суб'єкти господарювання, що забезпечують водовідведення, здійснювати облік обсягів утворення, обробки, зберігання та повторного використання осадів. Тому зважаючи на значні обсяги утворення таких відходів та накопичення, актуальною є проблема їх ефективної утилізації. Особливого значення утилізація мулових осадів може набути у тому випадку, коли буде вирішуватися не тільки

природоохоронне завдання, а й економічне, сприяючи поповненню енергетичних, сировинних і матеріальних ресурсів, зокрема будівельних.

Останнім часом було впроваджено низку сучасних технологій, що пропонують альтернативний підхід до утилізації осадів. Так, оскільки теплотворна здатність сухих мулових осадів знаходиться в межах від 10 до 14,5 МДж/кг, що приблизно дорівнює теплоті згоряння бурого вугілля, технологію термічної утилізації можна застосовувати на промислових та комунальних підприємствах.

Результати досліджень [3] вказують, що після термохімічної переробки осадів вміст мінеральних складників у зольних залишках, насичених глиноземом, кремнеземом, оксидами кальцію, заліза тощо, може досягати 92%.

Тому цілком очевидним є можливість і потреба використання таких компонентів у виробництві будівельних матеріалів, зокрема як заповнювача в асфальтобетонних та інших сумішах. Так, кількість заповнювачів у складі бетонних сумішей може досягати 80%, тому використання відповідного заповнювача є однією з гарантій одержання будівельних розчинів та якісних бетонів [4]. Отже порівняно з традиційними ресурсами, використання зольних залишків після термохімічної переробки осадів стічних вод як сировинних матеріалів у будівельних сумішах може сприяти виявленню резервів для отримання нових матеріалів і забезпечить зниження собівартості будівництва.

Основна частина. Осади стічних вод це комбіновані речовини неорганічного та органічного походження. Так, суха речовина сирих осадів має до 87 % вуглецю, 8,7% водню та 2,7% сірки. Також ОСВ містять сполуки алюмінію, кремнію, заліза, окислу кальцію, магнію, калія (табл. 2), що можуть бути використані як будівельний матеріал для виробництва цегли, виготовлення штучного каменю – наповнювача для виробництва бетону, як добавку до асфальтобетонних сумішей.

Таблиця 2 – Хімічний склад мінеральної частини осаду

Вміст, %	Тип осаду	
	З первинних відстійників	Активний мул
SiO ₂	21,4 – 55,9	17,6 – 33,8
Al ₂ O ₃	0,3 – 18,9	7,3 – 26,9
Fe ₂ O ₃	3,0 – 13,9	7,2 – 18,7
CaO	11,8 – 35,9	8,9 – 16,7
MgO	2,1 – 4,3	1,4 – 11,4

Таким чином муловий осад містить не тільки речовини, що можуть бути використані як будівельний матеріал, але ще і елементи як джерело енергії.

Термічна утилізація набуває широкого розповсюдження в світовій практиці через постійне подорожчання енергії і підвищення вимог охорони природного середовища. Широке розповсюдження в Україні і світі спосіб термохімічної переробки мулових осадів, зокрема спалювання, стримується у першу чергу високою їх вологістю, яка становить не менше 70 % [5].

Процес розповсюдження метода спалювання мулових осадів в Україні і світі стримується не тільки високою їх вологістю, що можна вирішити із застосуванням сучасного сушильного обладнання, а ще й мінливістю їх складу, розмірами та формою.

Перспективним та рентабельним способом переробки мулових осадів може стати використання їх у вигляді пелет або брикетів. Це дозволить підвищити ефективність енергетичного їх використання, та зменшить об'єми ємностей для транспортування та зберігання, а отримання зольного залишку у вигляді піску або гранул високої міцності, наприклад після газифікації, може забезпечити можливість використання їх у будівництві.

Для виготовлення біопалива у вигляді пелет, обласним комунальним виробничим підприємством «Дніпро-Кіровоград» у м. Кропивницький було надано осади з мулових площадок після трьох років зберігання.

При виготовлення пелет з осадів стічних вод використовувалася універсальна випробувальна машина УВМ-50 та спеціально виготовлений пресовий пристрій. Після виготовлення партії пелет, вони спалювалися з використанням муфельної печі з оцінкою зольності. Тигель з встановленим зразком поміщали у муфельну піч і проводили його озолування з подальшою витримкою у ній при температурі 800 °С протягом 1 години (до повного вигорання вуглецю). Зольність пелет з мулових осадів перераховувалася на суху масу досліджуваних пелет і сировини.

Зольність аналітичної проби сировини визначали за формулою, %:

$$A^a = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100\%,$$

де m_1, m_2, m_3 – маса тигля відповідно прожареного, з наважкою проби сировини та із зольним залишком після прожарювання, г.

Перерахунок зольності аналітичної проби на суху масу проводили за формулою, %:

$$A^c = A^a \frac{100}{100 - W^a},$$

де W^a – вологість сировини, %.

Загальний вигляд виготовленого зразка біопалива та зольного залишку після його спалювання показано на рисунку 1.



Рис. 1. Вигляд гранули ($d = 16$ мм, $h = 30$ мм), виготовленої з осаду стічних вод та її зольного залишку після згорання

Зольні залишки на суху масу пелет після згоряння у середньому склали 42,2 %. Вони мали крихку структуру і при незначних зусиллях легко руйнувалися з переходом у гетеродисперсний стан (рис. 1).

Висновки. Запропонована технологія утилізації осадів стічних вод, що утворюються на очисних спорудах обласного комунального виробничого підприємства «Дніпро-Кіровоград», що передбачає виготовлення з них гранульованого біопалива у вигляді пелет, термохімічної їх переробки та одержання зольних залишків, які можна використовувати як сировину для будівельних матеріалів. Отримані біопаливні пелети є екологічно нешкідливими, відрізняються малою вартістю при достатньо високих теплотехнічних характеристиках, тому їх використання в термохімічних процесах переробки (спалювання, газифікація, піроліз) є доцільним.

Такі зольні залишки після згоряння пелет мають у середньому зольність 42,2 %, і можуть бути використані як будівельний матеріал, заповнювачі цементів, бетонів, асфальту тощо.

Запропонована технологія дозволить комплексно розв'язувати проблеми ресурсозбереження, енергоефективності та захисту довкілля: утилізувати осадки стічних вод, знизити собівартість продукції будівництва і скоротити витрати природних мінералів та паливно-енергетичних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Кравченко В.І., Білоус Ю.В., Кравченко В.П. Створення та обґрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод //Технічні науки. Херсон: ХДАЕУ. 2023. № 3. С. 88-94. URL: <http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403>

2. Шквірко О. М., Тимчук І. С., Мальований М. С. Адаптація світового досвіду утилізації осадів стічних вод до екологічних умов України // Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Т. 29. № 2. С.82-87. URL: <https://doi.org/10.15421/40290216>

3. Samolada M., Zabaniotou A. Comparative assessment of municipal sewage sludge incineration, gasification and pyrolysis for a sustainable sludge-to-energy management in Greece. *Waste Manag.* 2014. Vol. 34. P. 411–420. URL: [10.1016/j.wasman.2013.11.003](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.003)

4. Порівняльний аналіз української, німецької та європейської нормативної бази щодо оцінки якості заповнювачів для розчинів та бетонів. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a7a19176-4268-406f-9fe1-338957d623f7/content>

5. Бабаєв В.М., Панов В.В., Хайло Я.М., Волков В.М., Горох М.П. Альтернативні технологічні рішення проблеми повної утилізації мулового осаду стічних вод // Комунальне господарство міст. 2018. № 144. С. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_144_7

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

*Слонь В.В., к.т.н., доцент; Кононенко Л.В., студентка
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Будівельна галузь належить до основних секторів світової економіки, забезпечує створення виробничої, транспортної, житлової та соціальної інфраструктури, формуючи основу економічного розвитку держави. Рівень розвитку будівельної галузі впливає на темпи урбанізації, інвестиційну привабливість регіонів, функціонування промисловості та якість життя населення. Сьогодні світовий будівельний ринок демонструє стабільну тенденцію до зростання, однак одночасно стикається з низкою системних проблем. До основних викликів можна віднести низькі темпи підвищення продуктивності праці, постійне перевищення кошторисної вартості великих інфраструктурних проєктів, затримки у виконанні будівельних робіт, дефіцит кваліфікованих кадрів та посилення екологічних вимог до процесів будівельного виробництва. Значною проблемою також залишається висока матеріаломісткість традиційних технологій будівництва, що супроводжується значними енерговитратами, великим обсягом будівельних відходів та суттєвим вуглецевим слідом. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває пошук інноваційних технологій виготовлення будівельних конструкцій, здатних забезпечити підвищення ефективності будівництва, скорочення термінів виконання робіт, оптимізацію використання ресурсів та автоматизацію виробничих процесів. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку галузі є впровадження сучасних цифрових технологій, роботизованих систем та аддитивного виробництва у будівництві.

Для України зазначені проблеми посилюють повномасштабними воєнними діями, що супроводжується руйнуванням житлового фонду, транспортної інфраструктури, промислових підприємств, енергетичних об'єктів та логістичних вузлів. Масштабні пошкодження інфраструктури формують необхідність реалізації довгострокової програми післявоєнного відновлення, що потребуватиме значних фінансових ресурсів та використання сучасних технологій (насамперед цифрових) у будівельних процесах. Водночас будівельна галузь України функціонує в умовах дефіциту трудових ресурсів, зумовленого міграцією населення, скороченням кількості кваліфікованих працівників та ускладненням логістичних процесів. Це обумовлює необхідність переходу до інноваційних методів виготовлення будівельних конструкцій, заснованих на використанні цифрового моделювання, робототехніки, систем штучного інтелекту та автоматизованих виробничих комплексів.

Основна частина. Аналіз сучасного стану ринку нерухомості та інвестиційних процесів засвідчує суттєву трансформацію структури капіталовкладень у будівельній галузі України. Після скорочення обсягів будівництва у 2022 році спостерігається зміщення пріоритетів у бік інженерної та критичної інфраструктури, що визначає необхідність використання швидких, автоматизованих та технологічних методів зведення об'єктів [2].

Одним із найбільш перспективних напрямів модернізації будівельної галузі є аддитивне будівництво (Additive Construction), що базується на технологіях будівельного 3D-друку. Сучасні дослідження підтверджують, що впровадження 3D-друку у будівництві забезпечує скорочення термінів реалізації проєктів, мінімізацію відходів, зниження витрат на матеріали та підвищення точності виконання робіт [4; 6].

Технології аддитивного виробництва передбачають пошарове формування конструктивних елементів із використанням спеціальних будівельних сумішей, керованих комп'ютерними системами. На відміну від традиційних методів будівництва, де значна частина процесів виконується вручну, аддитивні технології дозволяють автоматизувати процес виготовлення конструкцій, забезпечити високу повторюваність геометричних параметрів та суттєво зменшити використання людської праці.

Важливою перевагою використання технологій 3D-друку є можливість виготовлення складних архітектурних форм без збільшення вартості виробництва. Це створює нові можливості для архітектурного проєктування, індивідуалізації будівель та оптимізації конструктивних рішень. Крім того, автоматизація виробничих процесів дозволяє підвищити рівень безпеки праці та скоротити кількість робіт, що виконуються у небезпечних умовах.

Технологія 3DCP (3D Concrete Printing) пройшла еволюцію від лабораторного прототипування до практичного застосування у зведенні житлових будинків, мостів, інженерних споруд та об'єктів критичної інфраструктури. Однією з основних переваг аддитивного виробництва є відмова від традиційної опалубки, частка якої у класичному монолітному будівництві може становити до половини загальної вартості конструкцій [4].

Найбільш поширеним методом будівельного 3D-друку є Direct Deposition - метод прямого пошарового нанесення суміші через екструдер. У межах цього підходу активно застосовуються технології Contour Crafting та Concrete Printing, що дозволяють створювати складні архітектурні форми, внутрішні технологічні порожнини та автоматизувати процес формування конструкцій [1; 4].

Окремим напрямом розвитку аддитивного будівництва є технологія Bed Deposition, що заснована на пошаровому зв'язуванні порошкових матеріалів. Прикладом такого підходу є технологія D-Shape, яка використовується для створення складних фасадних елементів, малих архітектурних форм та інженерних конструкцій [4].

Важливого значення набувають екологічні аспекти аддитивного будівництва. Використання локальних матеріалів, природної глини, геополімерів

та безклінкерних в'язучих дозволяє суттєво знизити вуглецевий слід будівельного виробництва та скоротити енергетичні витрати [5; 6]. Дослідження також підтверджують перспективність застосування інноваційних композитів, мікрофібри та матеріалів із властивістю самовідновлення мікротріщин для підвищення довговічності та стійкості інфраструктурних об'єктів [5].

Максимальна ефективність аддитивних технологій досягається за умови їх інтеграції у цифрове середовище Construction 5.0, що передбачає поєднання роботизованих систем, BIM-технологій, цифрових двійників (Digital Twins), Інтернету речей (IoT) та алгоритмів штучного інтелекту. BIM-моделювання забезпечує об'єднання геометричних, часових, вартісних та технічних параметрів об'єкта в єдиному цифровому просторі [3].

Суттєву роль у цифровізації будівельної галузі відіграє впровадження систем штучного інтелекту у процес формування кошторисної документації. Використання технологій машинного навчання у сучасних програмних комплексах дозволяє автоматизувати розрахунки, аналізувати BIM-моделі, прогнозувати вартість матеріалів та оперативно виявляти помилки у проектній документації [3]. Застосування прогнозної аналітики забезпечує підвищення точності кошторисів, мінімізацію ризиків та більш ефективний розподіл ресурсів будівельного виробництва [3].

Окрему увагу необхідно приділити розвитку роботизованих будівельних комплексів. Сучасні мобільні будівельні принтери можуть функціонувати як у стаціонарних виробничих умовах, так і безпосередньо на будівельному майданчику. Використання автоматизованих систем управління забезпечує синхронізацію роботи обладнання, контроль параметрів друку та оперативне коригування технологічних процесів.

Перспективним напрямом розвитку інноваційних технологій виготовлення будівельних конструкцій є поєднання аддитивного виробництва із BIM-технологіями та цифровими двійниками. Використання BIM-моделей дозволяє створити єдине інформаційне середовище для проектування, виробництва, монтажу та експлуатації будівельних об'єктів. Завдяки цьому забезпечується ефективна координація між усіма учасниками будівельного процесу, зменшується кількість проектних колізій та підвищується точність планування ресурсів.

Системи цифрових двійників забезпечують можливість постійного моніторингу стану будівельних конструкцій у режимі реального часу. Інтеграція датчиків Інтернету речей (IoT) дозволяє накопичувати дані про навантаження, температурні деформації, вологість, появу мікротріщин та інші параметри, що характеризують технічний стан споруд. На основі аналізу великих масивів даних та алгоритмів машинного навчання стає можливим прогнозування потенційних дефектів і своєчасне проведення ремонтних заходів.

Важливу роль у сучасному будівництві відіграють також системи штучного інтелекту, які активно впроваджуються у процеси проектування, планування та кошторисного аналізу. Використання інтелектуальних алгоритмів дозволяє автоматизувати процеси класифікації будівельних ресурсів, аналізу проектної

документації та прогнозування вартості матеріалів [3]. Крім того, штучний інтелект забезпечує можливість оптимізації графіків будівництва, аналізу ризиків та прийняття управлінських рішень на основі обробки великих обсягів інформації.

Суттєвою перевагою цифровізації будівельного виробництва є можливість інтеграції різних технологічних систем у межах концепції Construction 5.0. На відміну від попередніх етапів цифрової трансформації, концепція Construction 5.0 орієнтована не лише на автоматизацію процесів, але й на забезпечення сталого розвитку, екологічної безпеки, енергоефективності та людиноцентричного підходу до організації виробництва.

Висновки. Отже, використання інноваційних технологій при виготовленні будівельних конструкцій є важливим напрямом модернізації сучасної будівельної галузі. Використання аддитивного будівництва, роботизованих систем, BIM-технологій та інструментів штучного інтелекту сприяє підвищенню ефективності, швидкості та безпеки будівельного виробництва.

Застосування будівельного 3D-друку дозволяє скоротити тривалість виконання робіт, оптимізувати використання матеріалів, мінімізувати будівельні відходи та автоматизувати виробничі процеси. Використання інноваційних композитних матеріалів і цифрових технологій забезпечує підвищення екологічності будівництва, точності управління будівельними процесами та ефективності використання ресурсів.

Список використаних джерел

1. Комишев Д. Г., Белятинський А. О. Інноваційні технології в будівництві: 3D-друк будівель, мобільні програми та штучний інтелект. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2023. № 4(104). С. 22–43. DOI: <https://doi.org/10.31713/vt420233>.
2. Кононенко Л., Савченко В., Остапенко О. Ринок нерухомості та фондовий ринок: порівняльний економічний аналіз та взаємозв'язок у контексті перспектив повоєнного відновлення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2026. № 27. С. 37–47. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2026.27.4>.
3. Кононенко Л., Савченко В., Слонь В. Формування кошторисної документації у будівництві в умовах впровадження цифрових технологій: сучасний стан, проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2025. № 79. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-79-90>.
4. Hassan H., Rodriguez-Ubinas E., Al Tamimi A., Trepci E., Mansouri A., Almehairbi K. Towards innovative and sustainable buildings: A comprehensive review of 3D printing in construction. *Automation in Construction*. 2024. Vol. 163. Article 105417.
5. Soliman A., Hafeez G., Erkmen E., Ganesan R., Ouf M., Hammad A. et al. Innovative construction material technologies for sustainable and resilient civil infrastructure. *Materials Today: Proceedings*. 2022. Vol. 60. P. 365–372. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.248>.
6. Tabassum T., Mir A. A. A review of 3D printing technology – the future of sustainable construction. *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 93. P. 408–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.08.013>.

БІОРЕЦЕПТИВНИЙ БЕТОН ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ: ДОСВІД КОМПАНІЇ RESPYRE

Чепіль Р.Д., студент рівня,

Григорчук Г.В., асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У сучасному міському будівництві бетон залишається одним з основних конструктивних матеріалів. Завдяки високій міцності, довговічності та відносно низькій вартості він активно використовується у житловому, громадському та промисловому будівництві. Незважаючи на переваги бетону над іншими будівельними матеріалами його виготовлення та використання створюють низку екологічних проблем. Одним із перспективних напрямів вирішення таких проблем є впровадження у будівельні технології біорецептивних матеріалів, здатних забезпечувати умови для природного росту рослин без використання складних інженерних систем. Прикладом такого підходу є технологія стартапу VertiScare компанії Respyre з використання біорецептивного бетону для формування зелених фасадів.

Основна частина. Сучасний розвиток міст супроводжується активними процесами урбанізації який характеризується зростанням ділянок забудови та скорочення площ озеленення. За даними United Nations, у 2022 році у містах проживало понад 56 % населення світу, а до 2050 року показник зросте до 68 % [4, с. 1]. Це посилює потребу в адаптації міського середовища до екологічних викликів.

Зростання міст упродовж останніх десятиліть спричинило масове використання бетону, який став ключовим матеріалом сучасної урбанізованої інфраструктури. Щільна забудова, розширення транспортної інфраструктури та кількість бетонних поверхонь спричинило зменшення природних зон і порушення природного теплообміну в міському середовищі. Наслідком цього стало посилення ефекту міських теплових островів. Це метеорологічне явище, за якого температура повітря та поверхонь у межах міста в середньому на 5–10 °С вища, порівняно з навколишньою сільською місцевістю [1; 3, с. 1–2].

Також, виготовлення бетону супроводжується значним екологічним навантаженням, насамперед через виготовлення цементу, який є його основним компонентом. Виробництво цементу потребує великих обсягів енергії та супроводжується значними викидами вуглекислого газу. За даними International Energy Agency, цементна промисловість формує близько 7–8% глобальних викидів CO₂, що робить її одним із найбільших промислових джерел парникових газів [1; 4, с. 17].

Екологічне навантаження зберігається і після завершення експлуатації бетонних конструкцій. Демонтовані бетонні елементи утворюють значні обсяги

будівельних відходів. Значна частина таких відходів не може бути перероблена та накопичується на полігонах.

У сукупності ці фактори зумовлюють необхідність пошуку альтернативних матеріалів і технологій, здатних зменшити негативний вплив будівельної галузі на екологію.

Компанія Respyre [1] запропонувала концепцію функціонального матеріалу, що підтримує розвиток живих організмів на своїй поверхні. Ідея виникла на основі дослідження Делфтського технічного університету у галузі матеріалознавства та біології. Науковці університету довели можливість керованого росту мохів на мінеральних поверхнях за рахунок зміни структури та хімічних властивостей бетону.

Компанія Respyre розробляє біорецептивні матеріали у різних формах застосування: затирки для обробки існуючих стін і фасадів, розчин для нанесення методом розпилення та збірні облицювальні елементи.

Одним із прикладів практичного застосування біорецептивних матеріалів є технологія стартапу VertiScare. Компанія пропонує фасадне покриття що не виконує несучої функції, а наноситься безпосередньо на поверхню існуючих конструкцій. Покриття з 70% складається з переробленого бетону, що дозволяє повторно використовувати будівельні відходи у міському середовищі (Рис. 1). Структура матеріалу утримує велику кількість вологи та створює умови для росту моху без пошкодження бетонної поверхні основи [1; 2; 4, с. 3–5].

Технологія ґрунтується на зміні структури цементної матриці шляхом підвищення пористості поверхні та додавання мінеральних компонентів, що утримують вологу й поживні речовини. Додатково використовується бігель зі спорами моху, який забезпечує первинну фіксацію рослинного шару.



Рис. 1. Демонстрація біорецептивного бетону



Рис. 2. Тестові фасадні поверхні в районі Маринтеррейн, Амстердам

Запропонована технологія сприяє досягненню низки цілей сталого розвитку міст. Самопідтримувана екосистема фасадів позитивно впливає на мікроклімат урбанізованого середовища: моховий покрив сприяє зниженню температури поверхні фасадів завдяки процесам випаровування вологи [3, с. 3; 4]. Описаний механізм дозволяє частково мінімізувати ефект теплових островів у щільно забудованих районах.

Під час інтенсивних опадів поверхні фасадів здатні утримувати дощову воду, в результаті чого мінімізується навантаження на бетонні та залізобетонні споруди. Накопичена волога забезпечує достатнє зрошення, не потребуючи окремих поливних систем. Вони також захищають матеріали будівель від фізичної та хімічної корозії. Одночасно зменшується зношення міських дренажних систем. Така особливість знижує експлуатаційні витрати порівняно з традиційними вертикальними озелененням.

Екологічна результативність біорецептивного бетону проявляється у здатності моху поглинати вуглекислий газ, дрібнодисперсні частинки пилу та оксиди азоту [1; 2]. Зазначений ефект покращує якість атмосферного повітря. Додатково такі поверхні формують мікросередовище для розвитку мікроорганізмів, комах. Крім того, система сприяє відновленню та підтриманню біорізноманіття у районах, де зелені насадження обмежені.

Наявність живих рослин на зовнішній стороні будівлі позитивно впливає на психологічне благополуччя мешканців, покращує візуальне сприйняття, потенційно знижуючи стрес.

Здатність матеріалу забезпечувати природний ріст мохового шару без використання ґрунтових субстратів та складних каркасних конструкцій суттєво знижує експлуатаційні витрати та спрощує інтеграцію озеленення у конструктивні системи будівель [2; 3, с. 11–12].

Ще однією перевагою біорецептивних поверхонь є низькі вимоги до догляду. Мохова рослинність не потребує регулярного скошування, удобрення чи інтенсивного поливу. Вона добре адаптується до кліматичних умов і може існувати з відносно невеликим втручанням. Це робить систему особливо придатною для проектів, де довгострокове обслуговування потрібно мінімізувати. Наприклад, комерційні будівлі, громадська інфраструктура або важкодоступні дахи.

Така стратегія ідеально підходить для міських районів з обмеженою кількістю зелених насаджень, забезпечуючи інноваційне рішення для інтеграції природи в забудоване середовище.

Важливим досягненням технології VertiScape є використання принципів циркулярної економіки: матеріал містить значну частку переробленої сировини з відходів, що до цього залишалися непереробленими [1; 2; 4, с. 2]. Використання вторинного бетону зменшує споживання первинних природних ресурсів, скорочує обсяги викидів при його виробництві.

Наразі тривають подальші дослідження та випробування біорецептивних матеріалів в умовах різної освітленості й обмеженого зволоження. Окрема увага

приділяється підвищенню посухостійкості мохового покриву. Прогнозований строк експлуатації матеріалу сягає 30 років.

Практичне впровадження біорецептивного бетону на сьогодні реалізується у форматі пілотних проєктів в реальних умовах міського середовища на території Нідерландів.

Одним із перших експериментальних майданчиків став район Маринтеррейн в Амстердамі (Рис. 2), де було встановлено тестові фасадні поверхні з біорецептивного бетону. Основна мета проєкту: дослідження адаптації матеріалу до кліматичних умов міста, здатність утримувати вологу та забезпечувати стабільний розвиток мохового покриву. В ході експериментів було підтверджено можливість формування самопідтримуваного зеленого шару без застосування постійних систем поливу. Отриманий результат створює передумови для подальшого поширення та розвитку технології VertiScape

Висновок. Технологія компанії Respyre розширює підходи до використання бетону у сучасній архітектурі. Практичне застосування стартапу VertiScape підтверджує ефективність біорецептивного бетону для інтеграції в озеленення щільно забудованого міського середовища. Технологія VertiScape забезпечує природний ріст моху, утримання вологи та повторне використання будівельних відходів без застосування постійних систем зрошення.

Подальші дослідження подібних матеріалів є актуальним відповідно до принципів сталого будівництва, екологізації будівельної галузі та пошуку рішень для міського середовища.

Використана література

1. Mosscrete. Respyre. URL: <https://gorespyre.com/mosscrete/> (date of access: 08.05.2026)
2. Respyre's green concrete breathes new life into the city. TUDelft. URL: <https://www.tudelft.nl/en/innovation-impact/pioneering-tech/articles/respyres-green-concrete-breathes-new-life-into-the-city> (date of access: 12.05.2026)
3. Veeger M., Ottel'e M., Jonkers H. M. Growing moss on bioreceptive concrete using a novel two-step approach: The effects of light, water, and species selection. *Ecological Engineering* 223. 2026. P 1–15.
4. Veeger M., Ottel'e M., Prieto A. Making bioreceptive concrete: Formulation and testing of bioreceptive concrete mixtures. *Journal of Building Engineering* 44. 2021. P 1–20.

ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ТА ЦИФРОВИЙ ПІДХІД У ПІДГОТОВЦІ АРХІТЕКТОРІВ ТА ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ

Корзаченко М. М., к.т.н., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів

Вступ. Сучасна система підготовки архітекторів та будівельників перебуває у стані активної трансформації, що зумовлено розвитком цифрових технологій, впровадженням принципів сталого розвитку та зміною вимог до професійних компетентностей майбутніх фахівців. Традиційні підходи до викладання фахових дисциплін уже не забезпечують у повному обсязі формування практичних навичок, необхідних для роботи в умовах цифровізації будівельної галузі та сучасного ринку праці.

Особливої актуальності набуває поєднання теоретичної підготовки із практичною діяльністю, польовими дослідженнями, цифровою фіксацією об'єктів, використанням BIM-технологій, систем дистанційного навчання. Важливим завданням сучасної освіти є формування міждисциплінарного підходу, який дозволяє поєднувати знання з архітектури, будівництва, інженерної геодезії, інформаційних технологій тощо.

Використання цифрових інструментів у процесі навчання сприяє не лише підвищенню якості освітнього процесу, але й формуванню у здобувачів навичок аналізу технічного стану об'єктів, роботи з просторовими даними, проведення інструментальних обстежень та створення цифрових моделей будівель і споруд. Важливу роль у цьому процесі відіграють системи дистанційного навчання [1, 2], які забезпечують безперервність освітнього процесу, доступ до навчальних матеріалів та можливість синхронної й асинхронної взаємодії між викладачем і здобувачем освіти. При цьому особливе значення має залучення студентів до реальних науково-дослідних та експедиційних робіт, пов'язаних із вивченням забудови та обстеженням об'єктів.

Метою даної роботи є дослідження особливостей впровадження цифрових технологій та натурних досліджень у методику викладання фахових дисциплін для архітекторів та будівельників, а також визначення їх ролі у формуванні професійних компетентностей здобувачів вищої освіти.

Основний текст. Підготовка майбутніх архітекторів та будівельників потребує комплексного підходу, орієнтованого на практичне застосування знань у реальних умовах. Одним із найбільш ефективних напрямів модернізації освітнього процесу є інтеграція цифрових технологій із натурними обстеженнями об'єктів архітектури та будівництва.

У сучасних умовах BIM-технології перетворюються на один із ключових інструментів професійної діяльності архітектора та інженера-будівельника. Їх використання у навчальному процесі дозволяє формувати навички створення інформаційних моделей будівель, аналізу конструктивних рішень, координації

інженерних систем та організації міждисциплінарної взаємодії [2, с. 118]. Важливим аспектом є те, що BIM-моделювання забезпечує інтеграцію графічної, аналітичної та текстової інформації в єдиному цифровому середовищі.

Під час викладання фахових дисциплін доцільним є поєднання цифрового моделювання з польовими дослідженнями. У Національному університеті «Чернігівська політехніка» значна увага приділяється розвитку системи дистанційного та змішаного навчання, що функціонує на платформі Moodle. Дистанційне навчання розглядається як індивідуалізований процес набуття знань та професійних компетентностей у спеціалізованому цифровому середовищі, створеному на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій [3, 4]. Зокрема, ефективними є навчально-наукові експедиції, у межах яких здобувачі проводять натурні обстеження історичних будівель, виконують фотофіксацію, обміри, аналіз конструктивних елементів та визначають характер пошкоджень. Такий підхід дозволяє студентам отримати практичний досвід роботи з реальними об'єктами та зрозуміти особливості технічного стану історичної забудови.

Особливого значення набуває застосування цифрових методів фіксації архітектурної спадщини. Використання лазерного сканування, фотограмметрії, аерофотозйомки та геоінформаційних систем дозволяє створювати точні цифрові моделі пам'яток архітектури та аналізувати їх технічний стан [5, с. 76]. Такі технології можуть бути інтегровані у навчальні дисципліни, пов'язані з архітектурним проєктуванням, реконструкцією будівель та інженерними дослідженнями.

Одним із перспективних напрямів є використання результатів натурних досліджень у цифровому середовищі BIM. Після проведення польових робіт студенти можуть створювати інформаційні моделі об'єктів, у яких відображаються конструктивні елементи, дефекти, пошкодження та результати інженерних обстежень. Це дозволяє поєднати практичний досвід із сучасними цифровими технологіями та сформувати комплексне бачення процесів реконструкції та реставрації.

Крім того, важливим елементом сучасної методики викладання є міждисциплінарність. Архітектурно-будівельна освіта повинна враховувати необхідність інтеграції знань із суміжних галузей: геодезії, екології, інформаційних технологій, матеріалознавства та охорони культурної спадщини. Такий підхід дозволяє підготувати фахівця, здатного працювати в умовах складних інженерних і соціальних викликів.

Практична орієнтація навчання особливо важлива під час вивчення дисциплін, пов'язаних із реконструкцією та реставрацією історичної забудови. Робота з реальними об'єктами культурної спадщини сприяє формуванню відповідального ставлення до збереження історичного середовища та розвитку навичок аналізу архітектурної цінності будівель.

Важливим напрямом удосконалення освітнього процесу є застосування інтерактивних методів навчання. Система дистанційного навчання забезпечує доступність та гнучкість освітнього процесу, дозволяє студентам працювати у

власному темпі, поєднувати навчання з професійною діяльністю та отримувати доступ до навчальних матеріалів незалежно від місця перебування. Особливого значення це набуло в умовах воєнного стану, коли значна частина здобувачів перебуває за межами України, проте продовжує навчання.

Університет активно використовує платформу Microsoft Teams для проведення синхронного навчання. Дана система дозволяє організовувати відеоконференції, вести облік присутності, створювати окремі робочі групи, здійснювати запис лекцій та забезпечувати постійний доступ до навчальних матеріалів.

Суттєвою перевагою сучасного дистанційного навчання є використання мультимедійного контенту. Навчальні дисципліни будівельного та архітектурного спрямування містять відеоматеріали, створені викладачами під час лабораторних занять, виїзних експедицій, обстежень будівель і споруд, а також досліджень будівельних конструкцій. Це дозволяє частково компенсувати неможливість постійного перебування студентів у лабораторіях або на будівельних майданчиках.

Курси системи дистанційного навчання охоплюють усі види навчальної діяльності: лекційні, практичні та лабораторні заняття, самостійну роботу, тестування, проектні завдання та підготовку до підсумкового контролю. Значна увага приділяється структурованості навчального контенту, логіці подачі матеріалу та прозорості системи оцінювання. Такий підхід сприяє кращому розумінню студентами структури освітнього компонента та очікуваних результатів навчання.

Водночас для підготовки інженерів-будівельників ключовим залишається практичний складник освіти. Саме тому дистанційні технології поєднуються з лабораторними роботами, натурними обстеженнями, польовими практиками та виїзними навчально-науковими експедиціями. Поєднання цифрового навчального середовища та реальної практичної діяльності забезпечує формування професійних компетентностей майбутніх архітекторів та будівельників.

Суттєвим аспектом є розвиток командної роботи у процесі навчання. Виконання колективних проектів, пов'язаних із обстеженням будівель, створенням цифрових моделей та аналізом технічного стану споруд, сприяє формуванню комунікативних навичок і здатності до міждисциплінарної взаємодії. Саме такі компетентності є необхідними для сучасного архітектора та інженера-будівельника.

Окрему увагу слід приділяти формуванню навичок роботи з історичним середовищем міста. Вивчення історико-ландшафтної спадщини, аналіз містобудівної структури та дослідження традиційної забудови дозволяють студентам глибше розуміти процеси розвитку міського простору. У цьому контексті важливу роль відіграють експедиційні дослідження історичних районів та урочищ, що поєднують архітектурний аналіз із натурними спостереженнями.

Ефективність сучасної методики викладання значною мірою залежить від взаємодії закладів вищої освіти з музеями, заповідниками, науковими установами

та органами охорони культурної спадщини. Така співпраця дозволяє залучати студентів до реальних науково-практичних проєктів та формувати професійні компетентності на основі практичного досвіду.

Використання інноваційних будівельних матеріалів також повинно бути інтегроване у процес навчання. Ознайомлення студентів із сучасними енергоефективними, екологічними та реставраційними матеріалами сприяє формуванню навичок вибору оптимальних технічних рішень для нового будівництва та реконструкції існуючих споруд [6, с. 61].

Висновки. Отже, сучасна методика викладання фахових дисциплін для архітекторів та будівельників повинна базуватися на інтеграції цифрових технологій, натурних досліджень та практико-орієнтованого навчання. Використання BIM-технологій, фотограмметрії, геоінформаційних систем та інших цифрових інструментів сприяє формуванню у здобувачів сучасних професійних компетентностей.

Поєднання теоретичної підготовки з польовими дослідженнями та науково-дослідною діяльністю дозволяє підвищити рівень практичної підготовки студентів, розвинути навички аналізу технічного стану будівель та сформуванню комплексне бачення процесів реконструкції й збереження архітектурної спадщини.

Важливим напрямом подальшого розвитку освітнього процесу є розширення міждисциплінарної взаємодії, активне впровадження цифрових технологій та залучення здобувачів до реальних науково-практичних проєктів. Саме такий підхід забезпечує підготовку конкурентоспроможних фахівців, здатних ефективно працювати в умовах сучасної будівельної галузі.

Список використаних джерел

1. Титаренко А., Власенко Л., Мірочник В. Переваги та недоліки дистанційного навчання. Trends in science and practice of today. № 28. 2021. С. 322-324.
2. Сіняєва О., Крекот М., Завгородній О., Сичова Т., Сичов А., Сіняєва О. Особливості використання інформаційних технологій в освіті. Освіта. Інноватика. Практика, 2023. Том 11, № 7. С. 98-104.
3. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. Hoboken : Wiley, 2018. 659 p.
4. Сайт дистанційного навчання в Національному університеті «Чернігівська політехніка». URL: <http://eln.stu.cn.ua/login/index.php> (дата звернення: 24.05.2026).
5. Положення про дистанційне навчання в Національному університеті «Чернігівська політехніка». URL: <https://stu.cn.ua/wp-content/stu-media/normobaza/normdoc/norm-osvitproces/polozhennya-pro-dystancziyne-navchannya.pdf> (дата звернення: 24.05.2026).
6. Remondino F., Campana S. 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Oxford : Archaeopress, 2014. 158 p.
7. Матеріалознавчі рішення при зведенні і реконструкції будівель та споруд : навч. посібник / О. В. Кондращенко, Н. Г. Морковська, С. В. Шаповал, О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 202 с.

LANDSCAPING AND GREENING OF RESIDENTIAL COMPLEXES IN URBAN ENVIRONMENTS

*Olena Usachova, PhD in Architecture, Associate Professor
Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine*

Various principles and methods of landscape architecture aimed at creating comfortable conditions for the existence and development of cities are considered. Attention is focused on the conditions and measures directed toward the landscaping and improvement of residential complexes.

The comfort of modern housing is determined not only by the convenient planning of apartments and buildings, but also by a rational system of cultural and residential services, but also by the harmonious combination of various components of the architectural landscape of residential districts. Comprehensive improvement of residential complexes is regarded as an activity aimed at ensuring their safety, accessibility, aesthetics, and convenience of use in accordance with their functional purpose.

The environment has a significant impact on the human body. Its improvement is one of the pressing issues of modern science and practice. In the system of measures aimed at improving the urban environment, the creation of green spaces occupies an important place.

Green spaces contribute to the creation of favorable microclimatic and sanitary-hygienic conditions, as well as a natural environment necessary for comfortable human life. Considerable practical experience in urban landscaping has been accumulated. A production base has been established, including nurseries and floriculture enterprises; an organizational system for urban greening has been developed; and other measures aimed at improving urban landscaping systems are being implemented.

The problem of the comprehensive improvement of residential complexes is of both scientific and practical interest. The practical possibilities of using all elements of improvement directly depend on the size and configuration of the courtyard space of a residential complex, its topography, the location of the residential area, the situational position of the site within the urban development, the architectural and artistic appearance of the surrounding buildings and structures, as well as a number of other factors.

Green infrastructure development on streets, residential areas, and other structural elements that form a unified system of urban green spaces serves as one of the most favorable environments for public recreation and for organizing various mass cultural and educational activities. It also includes the formation of new green areas, as well as the reconstruction and renewal of existing plantations with the maximum preservation of natural landscapes.

The analyzed global experience in the landscaping and improvement of residential complexes emphasizes the perception of the environment as a systemic,

multi-level natural and anthropogenic object. Particular attention is paid to the creation of aesthetically expressive and ecologically healthy environments.

The modern urban environment provides many new examples of the organization of socially significant spaces, the study of which helps to determine the mechanisms through which the environment itself influences human behavior and health. Changes in the speed of human interaction with the environment and the complex nature of this process require careful study [1].

In this regard, the search for new methods of designing the landscaping and improvement of residential complexes aimed at creating a comfortable environment in urban conditions is becoming increasingly relevant [1, 2].

The landscaping and improvement of residential complexes have evolved from decorative elements into critically important components of sustainable urban development, environmental safety, and the physical and mental well-being of residents.

Recent studies emphasize the transition from the concept of a “neat flowerbed” to the creation of functional ecosystems. An analysis of recent research on this issue has revealed the obsolescence of certain design standards, although new state building regulations (DBN B.1.1-22:2017) are being actively implemented.

Research also highlights the need to restore recreational areas, particularly in southern Ukraine, taking into account environmental safety and new approaches to design. There is a growing demand for abandoning chemical fertilizers in favor of compost and natural maintenance methods.

The landscaping and improvement of residential complexes in Ukraine are addressed both by scholars, who develop theoretical foundations, and by practicing landscape architects and design bureaus responsible for implementation. The modern approach emphasizes biophilic design, sustainable development, the use of native plants, and the creation of functional recreational areas.

The problem of creating comfortable conditions for the existence and development of cities has been consistently examined in numerous studies by both domestic and foreign specialists. At different stages of societal development, this issue has been explored in their research works.

Foreign authors focus on the concepts of the “garden city,” sustainable landscapes, “blue-green” infrastructure, and residential complexes as centers of biodiversity.

Researcher Ebenezer Howard is considered the founder of the “garden city” concept, which became the basis for modern residential complexes with extensive green areas. Lee Kuan Yew worked on and initiated the “Clean and Green Singapore” program and promoted the concept of a “city in a garden,” which provides for vertical landscaping and dense greening of residential complexes. Herbert Haaren and Heiland developed methodological approaches to landscape planning that are being adapted in Ukraine.

Ukrainian researchers focus on the reconstruction of old residential districts, compliance with state building regulations (DBN), vertical landscaping, and the social component of comfortable urban spaces.

Volodymyr Kucheryavyi and Vasyl Kucheryavyi examine the principles of forming green zones in cities. Oleksandr Bezliubchenko, Oleksandr Zavalnyi, and Tetiana Chernonosova address issues related to the design of residential development and the improvement of residential districts. Nataliia Kryzhanivska reveals the principles of landscape planning relevant to adjacent residential territories. V. S. Hryshyna and H. O. Osychenko study the evolution of urban landscaping systems and modern approaches to the greening of residential neighborhoods.

Approaches to the improvement of residential areas in Europe, America, and Asia differ significantly; however, they share a common goal—creating a comprehensive and safe environment to enhance living conditions.

Europe. In European countries, cities have a rich urban planning history, which has also influenced modern approaches to urban landscaping and improvement. The issue of urban renewal and historical heritage preservation in European cities is often addressed with a relatively limited share of high-rise apartment buildings. Economic trends in contemporary Europe largely determine the level of urban improvement.

Urban communities play a strong role in many cities, protecting residents' rights and preventing investors from turning Europe's most affluent cities into excessively expensive urban spaces. Urban planning in many European cities is based on two key principles: universal design and pedestrian-oriented development. In particular, cities are designed to be comfortable for everyone, with pedestrians and people with limited mobility as a priority.

Therefore, European cities feature wide sidewalks separated from roadways by bollards, accessible ramps for wheelchair users, and various traffic-calming measures that reduce vehicle speed. Waste bins and pedestrian crossing buttons are installed at heights accessible for wheelchair users. Urban streets are equipped with street furniture designed to be durable, safe, comfortable, and consistent with the architectural style of the district or city. The maintenance of courtyard areas is often the responsibility of residents, which encourages cost-efficiency and long-term durability of the chosen infrastructure elements [5].

Economic trends in the development of recreational infrastructure can also be observed in courtyard areas and children's playgrounds, as these are often financed by residents themselves. As a result, it is common to see a single playground serving several residential buildings.

In France, the High Environmental Quality standard (Haute Qualité Environnementale, HQE) is applied, which is a green building standard based on the principles of sustainable development [6].

Singapore. The main social strategic goal of the country's leader in the 1960s was to "turn the population into owners of the country." To achieve this goal, Lee Kuan Yew introduced a public housing construction program that made housing accessible to all citizens of Singapore on highly favorable terms—residents paid only a small portion of the housing cost, while the remaining amount was covered through long-term installment plans with low interest rates, but with no possibility of resale.

Residential complex facilities are characterized by fencing, high-quality landscaping with design elements, and dedicated spaces for recreation, sports, and leisure activities (Fig. 1).



Fig. 1. The Interface Complex is located deep within the island, far from tourist routes, and serves as a residential area for “ordinary” Singaporeans

The government of Singapore understood that landscaping and greening play a significant role in the life and functioning of cities, improving their architectural and aesthetic appearance, as well as the quality and comfort of living (Fig. 2). In The Interlace, the total area of green spaces is almost equal to the entire site area of 8 hectares, which is one of the key outcomes of this unconventional architectural and planning solution.



Fig. 2. Extensive greenery and swimming pools in Singapore are not a luxury, but a necessity of life

Lee Kuan Yew referred to the “Clean and Green Singapore” project as the most cost-effective initiative of his career. He believed that public investment in greening, environmental awareness, and urban improvement forms the foundation of economic prosperity. Landmark projects in Singapore include large-scale island greening and the redevelopment of two rivers, which were transformed from drainage canals into exemplary ecological landscapes [8].

Japan. Standards of urban improvement.

The principles of residential district landscaping in Singapore (top view, Fig. 2) illustrate that infrastructure facilities in Japan are subject to mandatory standards that include requirements rarely found in other countries.

The conducted analysis makes it possible to identify the main problem of maintaining the urban improvement system in Ukraine during territory reconstruction, which lies in the dominance of densification methods. As a result, the necessary elements of the improvement system are not adequately ensured.

The landscaping and improvement of residential complexes in urban conditions involve the theoretical substantiation and development of practical recommendations for creating an ecologically sustainable, functional, aesthetically pleasing, and comfortable residential environment.

To successfully address all interrelated tasks of planning, development, and operation of settlements, a comprehensive approach is required. It ensures optimal public services and the economic efficiency of architectural and planning solutions for all types of construction, taking into account future development perspectives.

Historical prerequisites for the development of the urban improvement sector were studied by Yevhen Priakhin [3, 4]. Analyzing the period of the USSR, Priakhin notes that increasing attention to the improvement of settlements began to emerge during that time.

In France, the High Environmental Quality standard (Haute Qualité Environnementale, HQE) is applied, which is a green building standard based on the principles of sustainable development [6].

Thus, the improvement and organization of open spaces in residential developments is driven by the need to address challenges arising, on the one hand, at the city level—namely the intensification of urban land use—and, on the other hand, at the level of the residential complex, which involves improving the functional performance of non-built-up areas.

Landscaping and improvement are not merely decorative elements but a critically important component of residential infrastructure. Proper planning ensures high quality of life, environmental sustainability, and long-term investment attractiveness of urban housing.

The use of improvement elements (small architectural forms), ergonomic street furniture made of high-quality materials, and safe courtyard lighting systems (basic, architectural, and landscape lighting) ensures safety during nighttime hours as well as energy efficiency. Psychological comfort is also influenced by the presence of private

green courtyards (car-free yards), which reduces residents' stress levels and promotes the formation of a friendly neighborhood community.

References

1. Panchenko, T. F. Problems and means of improving the level of architectural and landscape organization of urban territories [Text] / T. F. Panchenko // Regional Problems of Architecture and Urban Planning: Ministry of Education and Science of Ukraine; O. M. Beketov Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture – Odesa: Astroprint, 2013. – pp. 85–91.
2. Kryzhanovska, N. Ya. Fundamentals of Landscape Architecture and Design [Text]: textbook / N. Ya. Kryzhanovska, M. A. Votinov, O. V. Smyrnova; O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. – Kharkiv: O. M. Beketov KhNUMG, 2019. – 348 p.
3. Panchenko, T. F., Stetsiuk, I. I. Concept of architectural and landscape organization of territories [Text] / T. F. Panchenko, I. I. Stetsiuk // Design of the Architectural Environment: Modern Concepts and Development Prospects: Proceedings of the International Scientific and Methodological Conference / ed. V. O. Tymokhin. – Kyiv: KNUCA, 2010. – pp. 25–27.
4. Priakhin, Ye. V. Administrative and legal regulation and enforcement of rules for the improvement of settlements in Ukraine: abstract of PhD dissertation in Law: 12.00.07 / Ye. V. Priakhin. – Lviv, 2007. – 19 p.
5. On the Improvement of Settlements: Law of Ukraine dated September 6, 2005 No. 2807-IV // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2005. – No. 19. – Art. 194.
6. European urban improvement: Hamburg [Electronic resource]. – Access mode: <https://hmarochos.kiev.ua/2014/11/13/blagoustriy-po-yevropeyski-gamburg/>
7. Maulik, S. S. The social phenomenon of Singapore as a result of Lee Kuan Yew's innovative policy / S. S. Maulik // Bulletin of NTUU “KPI”. Political Science. Sociology. Law. – Issue 3/4 (23/24). – 2014. – pp. 67–73.
8. Singapore model for Ukrainian Donbas: how to change everything [Electronic resource]. – Access mode: https://news.24tv.ua/ua/singapurska_model_dlya_ukrayinskogo_donbasu_yak_zminiti_vse_n1319837

ЕСТЕТИЧНІ ПРИНЦИПИ ЯПОНСЬКИХ МИСТЕЦТВ У ВІДНОВЛЕННІ АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Вірчак Є.С., студентка,
Григорчук Г. В., асистент*

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Перед сучасною архітектурою в умовах глобальних криз і збройних конфліктів постає завдання швидкого відновлення міського середовища. Масові пошкодження забудови вимагають нових підходів до відновлення об'єктів, оскільки усталені методи відбудови не завжди відповідають сучасним викликам. В таких умовах виникає складна наукова суперечність, яка полягає у пошуку балансу між швидким функціональним відновленням об'єкту та етичною потребою зберегти історичну пам'ять. Оскільки традиційна реставрація часто є технічно неможливою або недоречною, постає питання доцільності створення архітектурних фальсифікацій.

Використання технік акцентованого відновлення кінцугі та йобіцугі дозволяє інтегрувати сліди руйнувань у нову структуру об'єкта без відтворення первинного вигляду.

Основний текст. В процесі історичного розвитку нова інтерпретація архітектурного об'єкту змінює підходи до реставрації у бік концепції «чесної архітектури». Наведена концепція пропонує замість маскуванню руйнувань інтегрувати їх у генезу будівлі на засадах архітектурної чесності. Цей підхід безпосередньо перегукується з ідеями британського теоретика мистецтва Джона Раскіна, який у своїй фундаментальній праці «Сім світил архітектури» (1849), а саме у розділі «Світило Істини», сформулював концепцію неприпустимості «архітектурного обману» [3, с.4-6].

У межах запропонованої парадигми застосування методу акцентованого втручання надає пошкодженням архітектурної виразності, перетворюючи їх на елементи архітектурної композиції. Теоретичну основу використання такого підходу репрезентує адаптація принципів японських мистецтв, зокрема технік акцентованого відновлення - кінцугі та йобіцугі.

У перекладі з японської кінцугі означає «золотий шов» або «золоте з'єднання». Техніка кінцугі історично виникла як метод ремонту чайного посуду, де майстри не приховували тріщини, а підкреслювали їх лаком із додаванням дорогоцінних металів (золота, срібла чи платини) [1].

Сьогодні принцип кінцугі інтерпретують як архітектурну модель, що передбачає художнє підкреслення пошкоджень і визнання історичної недосконалості об'єкта. Відбудова об'єкта перестає бути технічним ремонтом з метою повернення його зовнішнього вигляду і функцій. Відновлення пошкодженої будівлі чи архітектурного простору стає способом збереження

історичної пам'яті. Відтак, фізична тріщина розглядається не як дефект, що підлягає маскуванню, а як важлива частина історії об'єкта [4, с.51].

Яскравим прикладом практичної реалізації принципу кінцугі став проєкт Dovecote Studio від бюро Haworth Tompkins (Рис.1,2). Об'єкт регенерації являв собою збережені фрагменти руїн цегляної будівлі вікторіанської епохи у графстві Саффолк (Велика Британія). На момент перебудови споруда фактично втратила свою конструктивну цілісність. Проєкт передбачав відмову від імітаційного відтворення втрачених елементів. У внутрішній периметр історичних стін було інтегровано новий цілісний об'єм із кортенівської сталі. З погляду архітектурної філософії кінцугі, сталь виконує роль «акцентованого шва». Колір оксидованої поверхні поєднується з автентичним матеріалом стін та створює виразний фактурний контраст. Таке рішення дозволило зберегти збережену автентичну основу та відновити об'ємно-просторову структуру об'єкта. При цьому межа між історичними шарами залишилась чітко розділеною відповідно до принципів «чесної архітектури». Вбудований об'єм із сталі не приховувався і разом зі збереженими автентичними фрагментами став частиною нової об'ємно-просторової архітектурної композиції.

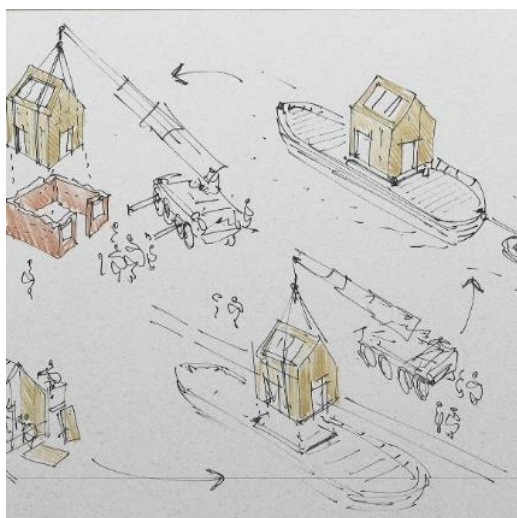


Рис. 1, 2. Dovecote Studio, Haworth Tompkins (Саффолк, Велика Британія, 2009 р.) [5]

Використання контрасту між автентичними та новими матеріалами стає потужною дизайнерською стратегією. Постійна трансформація будівель у процесі експлуатації також підсилює актуальність відновлення та повторного використання пошкоджених споруд. А пошкодження дедалі частіше розглядаються не як дефект, а як частина архітектурної форми. Отже, кінцугі в архітектурі виступає не лише естетичним прийомом, а й ефективною методом формування простору.

У випадках, коли не всі автентичні елементи об'єкта збережені, логічним продовженням наведеного підходу стає японське мистецтво йобіцугі.

Йобіцугі перекладається з японської як «запрошувати разом» та розглядається як доповнювальна та технічно складніша варіація принципу кінцугі. На відміну від кінцугі, де з'єднують уламки одного предмета, метод йобіцугі дозволяє заміщати відсутні об'єми будівлі фрагментами від зовсім інших об'єктів. Він передбачає інтеграцію нових частин об'ємно просторової структури, які можуть відрізнятися за матеріалом, кольором чи часом створення. Це дозволяє відновити форму споруди, зберігаючи чітку межу між збереженою частиною та сучасним доповненням.

Одним з прикладів реставрації із застосуванням принципу йобіцугі - історична садиба поблизу міста Ворсо (штат Вірджинія, США), що частково втратила цілісність. Проєкт Menokin Glass House (Рис.3,4) був розроблений фахівцями архітектурного бюро Machado Silvetti Architects. Замість імітаційної реставрації до первинний вигляду, автори проєкту застосували стратегію заміщення втрачених конструктивних фрагментів фасаду сучасними матеріалами [2].

Відновлення цілісності об'єкту було досягнуто інтеграцією структурного скла в порожнини кам'яної кладки будівлі. У відповідності концепції йобіцугі, скло вирізняється за фактурою та часом походження, а не маскується під автентичний матеріал будівлі. Використання такого методу дозволило відновити єдність форми споруди, не створюючи архітектурних фальсифікацій.



Рис. 3,4. Menokin Glass House, Machado Silvetti Architects
(м. Ворсо, США, 2013 р.) [6]

Застосування прийомів кінцугі та йобіцугі в архітектурі доводить, що суцільність будівлі може бути відновлена без відтворення втрачених історичних деталей. При цьому не приховуються пошкодження історичної форми. Розломи підкреслюють контрастними сучасними матеріалами для візуального розмежування старого й нового: склом, сталлю та бетоном. Таке сприйняття структурних недосконалостей вимагає делікатного архітектурного підходу. Згідно якому руйнація трактується не як завершення існування об'єкта, а як етап його перетворення [4, с.52].

Висновки. Філософія кінцугі та йобіцугі в архітектурі розглядає руйнування як цінний елемент історичної будівлі, тому фізичні пошкодження не приховуються, а трансформуються в естетичний акцент архітектурної композиції.

Такий принцип реставрації надає архітектурному об'єкту нового змісту, заснованого на прийнятті його змін та історичних нашарувань. У межах цієї парадигми об'єкт розглядається не як статичний експонат, а як динамічна система, що охоплює всі етапи перетворення будівлі від первинного формування до сучасного архітектурного оновлення.

Практичне впровадження принципів кінцугі та йобіцугі відкриває шлях до створення нової реставраційної мови; забезпечує безперервність історичного процесу через виразне співіснування матеріалів різних епох.

Список використаних джерел

1. Kovalyova D. Impulse: Project teams are recovering affected communities. Their work echoes the philosophy of kintsugi. *International Renaissance Foundation*. 2023. URL: <https://www.irf.ua/en/impulse-filosofiya-kintsugi/> (date of access: 18.04.2026).
2. What Architects Can Learn From Kintsugi. *Architect Magazine*. 2021. URL: https://www.architectmagazine.com/Design/what-architects-can-learn-from-kintsugi_o (date of access: 18.04.2026).
3. Ruskin J. The Seven Lamps of Architecture. *Lancaster University*. URL: <https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/documents/ruskin/8SevenLampsofArchitecture.pdf> (date of access: 14.05.2026).
4. Brooker G. 50 Words for Reuse. *London. Canalside Press*. 2021. 144 p.
5. Dovecote Studio. *Haworth Tompkins*. URL: <https://www.haworthtompkins.com/work/dovecote-studio> (date of access: 20.04.2026).
6. Eleftheriou C. Construction Begins on "The Glass House" Project: A New Take on Historical Preservation. *ArchDaily*. 2020. URL: <https://www.archdaily.com/941700/construction-begins-on-the-glass-house-project-a-new-take-on-historical-preservation> (date of access: 23.04.2026).

МАТЕРІАЛЬНО-ФАКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНТЕР'ЄРУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО СПРИЙНЯТТЯ

Григорчук Г. В., асистент,

Моїсєєва Д.С., студентка

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Сьогодні громадський інтер'єр виконує не лише функціональну, а й комунікативну роль. На популярність закладу та підвищення його конкурентоспроможності впливає візуальна привабливість простору. Сучасний дизайн громадських просторів орієнтується на екологічність та використання натуральних матеріалів. Однак надмірне використання гладких та однотипних матеріалів формує візуально нейтральне середовище без вираженої емоційної атмосфери. В таких умовах фактура і текстура матеріалів постають одним із засобів створення індивідуального характеру інтер'єру.

Застосування різних фактур у громадському інтер'єрі з виявленням їх впливу на сприйняття сприяє формуванню атрактивного простору та привернення уваги відвідувачів.

У роботі розглянуто фактуру як інструмент емоційного та сенсорного впливу на сприйняття громадського інтер'єру.

Основна частина. В умовах зростання конкуренції між громадськими закладами інтер'єр стає елементом візуальної комунікації та засобом формування індивідуальної атмосфери простору. Сучасні тенденції в інтер'єрі передбачають простоту та мінімалізм у декорі та оздобленні. Це проявляється у лаконічності, стриманості в застосуванні декоративних елементів та функціональному зонуванні простору.

Одним із напрямків індивідуалізації внутрішнього середовища є персоналізація – принцип формування інтер'єру, який враховує уподобання різних категорій відвідувачів. За допомогою цього принципу створюється унікальний характер інтер'єру, що акцентований на його неповторній атмосфері. Створення індивідуалізованого середовища відбувається на засадах функціональності, екологічності, гармонійності [3].

У сучасному дизайні інтер'єру фактура разом із кольором та формою розглядається не лише як декоративна характеристика поверхні, а як один із засобів формування художнього образу простору.

Фактура передає характер поверхні, який залежить від природних або штучних властивостей матеріалу, з якого він створений. Фактура, як і колір, поєднує фізичні характеристики матеріалу та його естетичну виразність. Візуальне сприйняття фактури залежить від відбивання та поглинання світла поверхнею. У поєднанні з формою фактура підсилює художню виразність об'єкта та впливає на візуальне сприйняття простору.

Доцільний вибір матеріалу, відповідність форми, фактури та кольору є важливим принципом композиційної організації інтер'єру та складовою архітектонічної організації простору [5].

Зорове сприйняття фактури базується на принципі синестезії, коли образ поверхні асоціюється з тактильними відчуттями. Фактура викликає емоційні та асоціативні реакції, впливає на чуттєво-емоційне сприйняття простору. Наприклад, грубі та рельєфні фактури візуально наближають поверхню, підсилюють відчуття масивності та зменшують просторову відстань. Комбінуючи різні фактури можна отримати контрастні та н'юансні сполучення поверхонь, підсилюючи художню виразність інтер'єру.

Тактильне враження від матеріалу формується через його фізичні характеристики: щільність, пористість, теплоємність, теплопровідність та мікроструктуру поверхні. Сучасний дизайн дедалі активніше використовує принципи тактильного проектування. Сенсорні характеристики поверхонь стають частиною взаємодії людини з середовищем [1].

У інтер'єрах, де стіни та меблі можуть змінюватися, саме підлога часто виступає постійним і незмінним елементом. Вона розглядається як основа композиції інтер'єру та об'єднує інші елементи простору. Текстура підлоги є одним з чинників створення атмосфери та просторової рівноваги в інтер'єрі. Текстура, колір, матеріал покриття підлоги формують певний настрій, впливають на відчуття безпеки, затишку, відкритості або ізольованості. Тип підлогового покриття впливає на емоційне сприйняття простору, фокус уваги та загальне враження від інтер'єру. Матеріал, текстура й колір підлоги беруть участь у формуванні психологічного комфорту та відіграють роль у відновленні психоемоційного стану людини. Фактура підлоги може як підсилити, так і змінити стильове враження від простору, нейтралізувати архітектурні акценти,

Фактура покриття буває гладкою і шорсткою. Гладкі поверхні, такі як лаковане дерево та глянцева плитка, асоціюються з чистотою, раціональністю та сучасністю. Шорстка або текстурована поверхня, така як щітковане дерево, камінь, матова плитка сприймається як автентична, тепла, природна. Тактильна різноманітність поверхонь у приміщенні сприяє більшій залученості людини у взаємодію з інтер'єром, підвищуючи його емоційну виразність.

У сфері дизайну інтер'єру кольори підлоги не існують ізольовано, бо вони взаємодіють зі стінами, меблями. Завдяки цьому, вплив кольору й текстури має комплексний характер. Теплі дерев'яні відтінки викликають почуття спокою, довіри й комфорту. Дослідження показало, що порівняно з іншими матеріалами дерев'яна підлога, що поєднується з натуральними меблями викликала найвищий рівень позитивного емоційного сприйняття. Так, деревина асоціювалася з домашнім теплом, природністю та спокоєм, Тоді як плитка та бетон створюють відчуття прохолоди, стриманості й ділового характеру середовища. Також, наявність текстурованих тактильно активних матеріалів підлоги підвищує рівень уваги та знижує емоційне напруження. Особливо це актуально в приміщеннях тривалого перебування [2].

Сприйняття фактури залежить не лише від матеріалу, а й від освітлення, кольору та наповнення інтер'єру. Так, освітлення є одним із засобів формування художнього образу простору. Світло змінює характер сприйняття фактур та підкреслює особливості поверхні. Застосовуючи освітлення певного типу: штучне, денне, фокусне, розсіяне, виокремлюється бажана форма, фактура та текстура.

Так, пряме яскраве світло дозволяє чітко виявити форму; підкреслює рельєфність поверхні, підсилює блиск гладких і металізованих поверхонь. Розсіяне освітлення зм'якшує та нівелює форму, виділяє природність і надає фактурі глибину. Змінюючи інтенсивність освітлення, кількість і напрям джерел світла, можна підсилити виразність фактури та урізноманітнити художній образ інтер'єру [5].

Наприклад, у мінімалістичному інтер'єрі гладка бетонна поверхня може сприйматися як холодна та стримана, однак розсіяне освітлення пом'якшує це враження і надає простору вишуканого урбаністичного характеру [2].

Прикладом використання фактури для формування атмосфери простору є інтер'єр ресторану «100 років тому вперед» (Valbek Bureau, 2019) у місті Київ (Рис.1). У інтер'єрі поєднано рельєфну штукатурку стін, натуральну деревину дуба підлоги та меблів, декоративні елементи з необробленого дерева. Тепле локальне освітлення підсилює виразність фактурних поверхонь. Натуральні матеріали та природні текстури створюють асоціації з традиційною українською архітектурою в сучасній інтерпретації [6].



Рис. 1. Інтер'єр ресторану «100 років тому вперед» (Україна, м. Київ, 2019)



Рис. 2. Інтер'єр кафе Bon Bouquet (Франція, Париж, 2020) [4]

Використання фактури для підсилення художньої виразності простору демонструє інтер'єр кафе «Bon Bouquet» (Between the Walls, 2020) у Парижі (Рис.2). Для підлоги, лавок, барної стійки використано мікроцемент, який формує цілісну текстурну основу простору. Рельєфні поверхні стін підсилюють пластичну виразність інтер'єру. Поєднання фактури мікроцементу з живим озелененням створює контраст між мінеральними та природними поверхнями. Додатково на

сприйняття простору впливає освітлення, яке підкреслює фактурні характеристики матеріалів [4].

Висновок. Фактура матеріалів впливає на емоційне та візуальне сприйняття інтер'єру через взаємодію з кольором, формою та освітленням. Аналіз інтер'єрів ресторану «100 років тому вперед» і кафе «Bon Vouquet» показав, що поєднання натуральних матеріалів, рельєфних поверхонь та локального освітлення підсилює художню виразність простору й формує його індивідуальний характер. У сучасному дизайні інтер'єру фактури виступають інструментом формування атмосфери та сприйняття громадського простору.

Список використаних джерел

1. Бригинець І.Б. Тактильні характеристики оздоблювальних матеріалів. *Наука і молодь : зб. наук. пр.* 2012. Вип.11-12. С. 180-183.

2. Вергунова Н., Вергунов С., Гулевська М. Фактура простору в дизайні інтер'єру. *Grail of Science*. 2025. № 54. С. 689–694. URL: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.18.07.2025.086> (дата звернення: 25.05.2026).

3. Демессіє М. К. Актуальні напрямки у формуванні сучасного образу архітектури інтер'єрів. *Мистецтвознавчі записки : зб. наук. пр.* 2022. Вип. 41. С. 3–7.

4. Подивіться на рожевий інтер'єр паризького кафе, який розробила українська студія. *Хмарочос*. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2025/06/05/podyvitsya-yak-ukrayinska-studiya-stvoryla-rozhevyj-interyer-kafe-v-paryzhi/> (дата звернення: 31.05.2026).

5. Радомська В. Фактури в архітектурній поліхромії як чинник формоутворення інтер'єрного середовища. *Humanities science current issues*. 2020. Т. 5, № 29. С. 176–181. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4863.5/29.209731> (дата звернення: 25.05.2026).

6. Dezeen написали про дизайн київського ресторану «100 років тому вперед». БЖ. URL: <https://bzh.life/ua/mesta-i-veshi/dezeen-napisali-o-dizayne-kyivskogo-restorana-100-let-tomu-vpered/> (дата звернення: 31.05.2026).

**ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ МОБІЛЬНИХ ОПЕРАТОРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ
МАЯТНИКОВИХ МІГРАЦІЙ У МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЯХ:
МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ**

Дарієнко В.В., доцент, к.т.н.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Карпушин С.О., доцент, к.т.н.*

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Слонь В.В., доцент, к.т.н.*

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Маятникові міграції – щоденні переміщення населення між місцем проживання та місцем праці чи навчання — є базовою характеристикою функціонування міських агломерацій і вихідним матеріалом для побудови транспортних моделей [11]. Традиційні джерела цих даних в Україні (переписи, домогосподарські обстеження поїздок) є коштовними, нерегулярними та такими, що швидко втрачають актуальність, особливо в умовах масштабних переміщень після 2022 р. Натомість у країнах ЄС протягом останнього десятиліття активно розвивається використання знеособлених даних мобільних операторів (Mobile Network Operator data, MNO) – як для офіційної статистики, так і для транспортного планування [2, 3]. В Україні наявні три загальнонаціональні оператори — «Київстар», «Vodafone Україна» та lifecell – із сумарною абонентською базою понад 50 млн SIM-карт, що забезпечує практично повне покриття дорослого населення.

Метою дослідження є огляд міжнародного досвіду використання знеособлених MNO-даних для побудови матриць кореспонденцій (origin–destination matrices), аналіз правових та технічних обмежень в Україні і формування пропозицій щодо подальших напрямів досліджень.

Основна частина. Знеособлені MNO-дані поділяють на дві категорії: Call Detail Records (CDR — записи про дзвінки, SMS і сесії передачі даних) та сигналізаційні дані (signalling data — всі взаємодії пристрою з мережею) [4]. У літературі описано два підходи до формування OD-матриць: time-based (поїздка визначається з послідовності записів) та routine-based (виявляються базові «якорі» абонента — місця проживання та праці, потім обчислюються матриці за метою поїздки) [2]. Узагальнену схему обробки наведено на рис. 1.

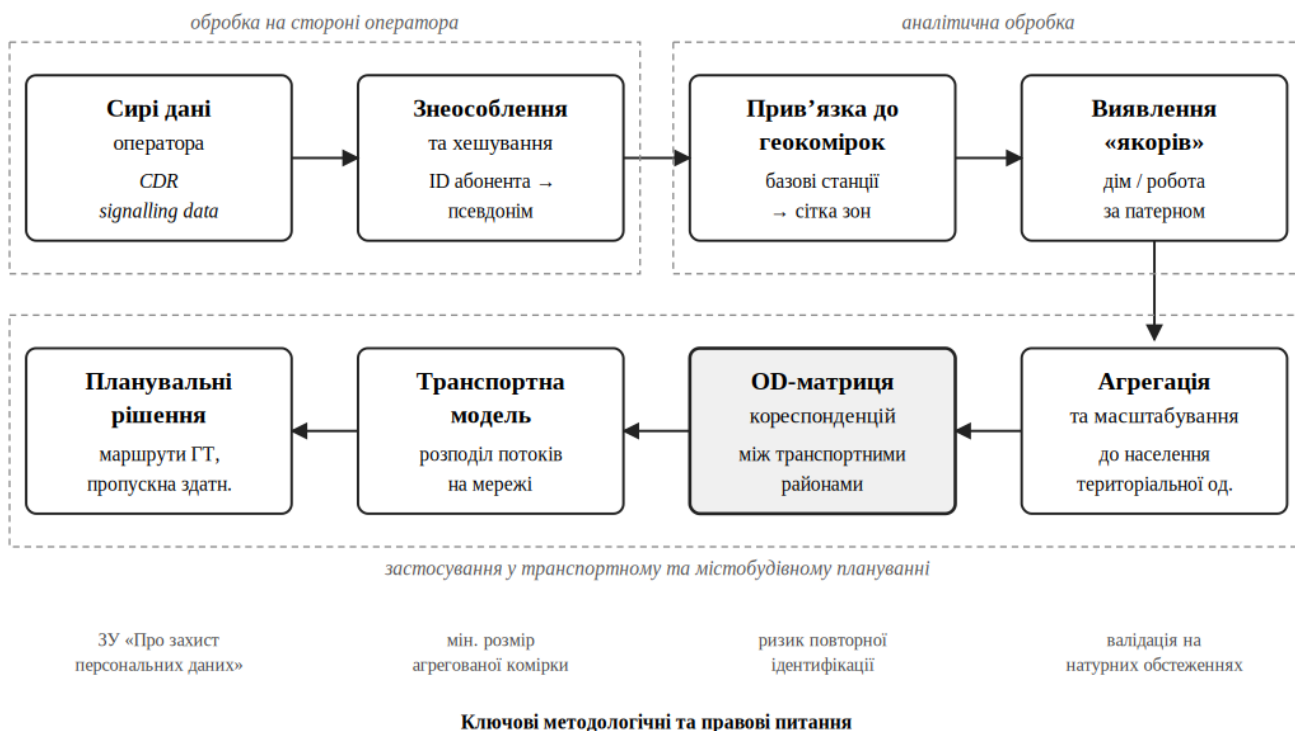


Рис. 1. Конвеєр обробки MNO-даних для побудови OD-матриці та її застосування у транспортному плануванні

Міжнародний досвід. Серед піонерських робіт — дослідження Calabrese et al. на даних мобільної мережі м. Бостон, що показали можливість видобутку індивідуальних патернів мобільності з пасивно зібраних phone traces [2]. Подальший розвиток методології представлений у роботі Bachir et al. — побудові OD-матриць за видами транспорту для агломерації Великого Парижа на основі 360 млн траєкторій [3]. Fekih et al. на даних сигналізаційної мережі регіону Рона-Альпи продемонстрували вищу просторово-часову деталізацію signalling data порівняно з CDR [4]. У 2020 р. Спільний дослідницький центр (JRC) Європейської комісії, за безпрецедентною угодою з європейськими операторами, забезпечив побудову OD-матриць для моніторингу обмежувальних заходів COVID-19 у 24 країнах ЄС [5, 6, 7]. У Іспанії Національний інститут статистики (INE) у співпраці з Movistar, Vodafone та Orange публікує дані про потоки переміщень між географічними комірками для виробництва офіційної статистики мобільності [8]. На наднаціональному рівні Євростат від 2016 р. розвиває методологічну базу через програми ESSnet Big Data та проєкт Multi-MNO [9]; у грудні 2024 р. набула чинності оновлена редакція Регламенту (ЄС) 223/2009, що вперше прямо передбачає доступ статистичних органів до приватних даних. Зведений огляд окремих ініціатив наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Окремі випадки використання MNO-даних у Європі

Країна / суб'єкт	Оператор / джерело	Період	Об'єкт аналізу
Франція (Париж)	CDR національних операторів	2019 [3]	Динамічні OD-матриці за видами транспорту, 360 млн траєкторій
Франція (Ліон)	Сигналізаційні дані 2G/3G мережі	2021 [4]	OD-матриця регіону Рона-Альпи
Іспанія	Movistar, Vodafone, Orange (через INE)	2020–2021 [8]	OD-матриці та оцінка населення на рівні комірок
ЄС (24 країни)	Платформа JRC, угода з європейськими МО	2020 [5, 6, 7]	Моніторинг мобільності під час COVID-19, аномалій

Українська практика. В Україні MNO-аналітика розвивається переважно в комерційному форматі. «Київстар» реалізував низку Big Data-проектів на замовлення обласних та міських адміністрацій: моніторинг туристичних потоків на Прикарпаття (понад 4 млн відвідувачів-абонентів з 23 областей) [12], співпраця з Чернігівською міською радою (близько 1,6 млн туристів за 11 місяців 2021 р.), аналогічні дослідження для Дніпра та Одеси. Оператор заявляє, що моделі будуються на знеособлених та зашифрованих даних. Водночас спеціалізованих публічних проектів із побудови OD-матриць для українських міст на основі MNO-даних у відкритих джерелах знайти не вдалося — наявні транспортні моделі (Київ, Львів, Харків) спираються переважно на традиційні методи [11].

Правові та технічні обмеження. Базовим нормативним актом є Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI, що визначає знеособлення як видалення відомостей, які дають змогу ідентифікувати особу [10]. Однак у науковій літературі показано, що чотирьох просторово-часових точок із погодинною деталізацією достатньо для повторної ідентифікації 95 % абонентів — отже, навіть грубе агрегування дає невелику анонімність [1]. На відміну від ЄС, в Україні не існує спеціального механізму надання державним органам доступу до знеособлених MNO-даних для офіційної статистики

мобільності; не унормовано вимоги до глибини знеособлення та мінімального розміру агрегації.

До технічних обмежень належать фрагментованість абонентської бази між трьома операторами, просторова деталізація, обмежена щільністю розташування базових станцій, та зміщення вибірки за віком. Окремий виклик — умови воєнного стану: тимчасові відключення мереж, переміщення значних груп абонентів, поява тимчасових SIM-карт.

Висновки. Знеособлені дані мобільних операторів стали усталеним джерелом для аналізу маятникових міграцій і побудови матриць кореспонденцій у країнах ЄС, з активною методологічною підтримкою Євростату [9]. В Україні наявні технічні передумови, однак системного впровадження MNO-даних у транспортне моделювання та офіційну статистику мобільності досі не відбулося. Основні обмеження мають правовий та інституційний характер. Перспективними напрямками є адаптація європейських методологічних напрацювань, валідація MNO-матриць на матеріалах натурних обстежень і запуск пілотних проєктів у форматі «оператор – місцева влада — наукова установа».

Список використаних джерел

1. de Montjoye Y.-A., Hidalgo C. A., Verleysen M., Blondel V. D. Unique in the Crowd: The privacy bounds of human mobility. *Scientific Reports*. 2013. Vol. 3. Article 1376. DOI: 10.1038/srep01376.

2. Calabrese F., Diao M., Di Lorenzo G., Ferreira J., Ratti C. Understanding individual mobility patterns from urban sensing data: A mobile phone trace example. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2013. Vol. 26. P. 301–313. DOI: 10.1016/j.trc.2012.09.009.

3. Bachir D., Khodabandelou G., Gauthier V., El Yacoubi M., Puchinger J. Inferring dynamic origin-destination flows by transport mode using mobile phone data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2019. Vol. 101. P. 254–275. DOI: 10.1016/j.trc.2019.02.013.

4. Fekih M., Bellemans T., Smoreda Z., Bonnel P., Furno A., Galland S. A data-driven approach for origin–destination matrix construction from cellular network signalling data: A case study of Lyon region (France). *Transportation*. 2021. Vol. 48. P. 1671–1702. DOI: 10.1007/s11116-020-10108-w.

5. Santamaria C., Sermi F., Spyrtatos S., Iacus S. M., Annunziato A., Tarchi D., Vespe M. Measuring the impact of COVID-19 confinement measures on human mobility using mobile positioning data. A European regional analysis. *Safety Science*. 2020. Vol. 132. Article 104925. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104925.

6. Iacus S. M., Sermi F., Spyrtatos S., Tarchi D., Vespe M. Anomaly detection of mobile positioning data with applications to COVID-19 situational awareness. *Japanese*

Journal of Statistics and Data Science. 2021. Vol. 4. P. 763–781. DOI: 10.1007/s42081-021-00109-z.

7. Vespe M., Iacus S. M., Santamaria C., Sermi F., Spyrtos S. On the use of data from multiple mobile network operators in Europe to fight COVID-19. *Data & Policy*. 2021. Vol. 3. Article e9. DOI: 10.1017/dap.2021.9.

8. Osorio Arjona J., de las Obras-LoCERTALES SampéRiz J. Estimation of mobility and population in Spain during different phases of the COVID-19 pandemic from mobile phone data. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. Article 8962. DOI: 10.1038/s41598-023-36108-1.

9. Reusing Mobile Network Operator data for Official Statistics: the case for a common methodological framework for the European Statistical System / Eurostat. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. 38 p. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/7870049/17468840/KS-FT-23-001-EN-N.pdf> (дата звернення: 25.05.2026).

10. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI : станом на 14 черв. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17> (дата звернення: 25.05.2026).

11. Палеха Ю. М. Географічні особливості планування розвитку міста Київ на сучасному етапі. *Український географічний журнал*. 2017. № 4 (100). С. 39–48.

12. Big Data від «Київстар» допомагає аналізувати туристичний потік у Прикарпатті : офіційне повідомлення. Київ : ПрАТ «Київстар», 2017. URL: <https://kyivstar.ua/uk/mm/news-and-promotions/big-data-vid-kyuivstar-dopomagaye-analizuvaty-turystychnyu-potik-u> (дата звернення: 25.05.2026).

РОЛЬ ПІДЗЕМНОЇ ЕЛЕКТРОІНФРАСТРУКТУРИ У ФОРМУВАННІ АРХІТЕКТУРНОГО ПРОСТОРУ МІСТА

Зубенко В.О., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Сучасне місто є складним технічним організмом, у якому надземне архітектурне середовище нерозривно пов'язане з підземною інженерною інфраструктурою. Підземна електроінфраструктура – мережі кабелів, трансформаторні підстанції, розподільчі пункти та кабельні тунелі – відіграє ключову роль у функціонуванні міста. Попри це, взаємозв'язок між розміщенням об'єктів підземної електроінфраструктури та якістю архітектурного простору залишається недостатньо вивченим. [6]

В умовах реконструкції міських середовищ, розбудови «розумних міст» (smart city) та впровадження концепції підземної урбаністики питання планування електроінфраструктури набуває особливого значення для архітекторів і містобудівників. [2,3]

Аналізуючи сучасний стан міської електроінфраструктури, можна дійти висновку, що використання повітряних ліній електропередачі створює низку суттєвих проблем для формування комфортного та естетично привабливого міського середовища. Насамперед це проявляється у візуальному забрудненні, оскільки численні опори, проводи та трансформаторне обладнання порушують цілісність архітектурного образу міста, перебивають панорами вулиць, закривають історичні фасади будівель та негативно впливають на сприйняття пам'яток архітектури. [5] Крім того, повітряні лінії потребують значних охоронних зон, ширина яких залежно від рівня напруги може становити від 2 до 30 метрів і більше, що суттєво обмежує можливості забудови, озеленення та облаштування громадських просторів. Важливим недоліком є також висока вразливість повітряних мереж до несприятливих погодних умов, зокрема сильного вітру, ожеледі, снігопадів і падіння дерев. Це часто призводить до аварійних відключень електроенергії, тривалих блекаутів та створює потенційну небезпеку для мешканців міста. Таким чином, аналіз зазначених факторів підтверджує доцільність переходу до підземного розміщення електромереж як більш надійного, безпечного та архітектурно доцільного рішення для сучасного міського простору. [3,6]

Метою роботи є виявлення закономірностей впливу підземної електроінфраструктури на формування відкритого та напівзакритого архітектурного простору міста, а також визначення принципів її інтеграції в містобудівне проектування.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

– проаналізувати типи об'єктів підземної електроінфраструктури та їх вплив на забудову;

- визначити зони обмежень забудови над підземними електромережами;
- розглянути вітчизняний і зарубіжний досвід архітектурної інтеграції електроінфраструктури;
- запропонувати рекомендації щодо містобудівного планування з урахуванням підземних електромереж.

Основний зміст. Підземна електроінфраструктура міста включає кілька структурних рівнів: кабельні лінії напруги 0,4–110 кВ, трансформаторні підстанції (наземні та підземні), розподільчі пункти, кабельні тунелі та колектори. Кожен із цих елементів накладає певні просторові обмеження на архітектурне середовище. Схематичне зображення поперечного перерізу підземної електроінфраструктури наведено на рис. 1.



Рис. 1. Етап інженерної підготовки: перенесення комунікацій у підземні кабельні канали

Нормативними документами (ДБН В.2.5-23) встановлено охоронні зони вздовж підземних кабельних ліній, ширина яких залежить від класу напруги. Для кабелів 110 кВ охоронна зона сягає ± 10 м. У табл. 1 наведено систематизовані дані щодо охоронних зон для різних класів напруги.

Таблиця 1. Охоронні зони підземних кабельних ліній (за ДБН В.2.5-23)

Клас напруги	Тип прокладання	Охоронна зона (м)	Заборонені дії в зоні	Норматив
0.4 кВ	У ґрунті	± 1	Земляні роботи без погодження	ДБН В.2.5-23
6–10 кВ	У ґрунті	± 1	Будівництво, посадка дерев	ДБН В.2.5-23
35 кВ	У ґрунті / тунель	± 3	Капітальна забудова, огорожі	ДБН В.2.5-23
110 кВ	У ґрунті / тунель	± 10	Будь-яке будівництво та озеленення	ДБН В.2.5-23
220 кВ	У ґрунті / тунель	± 15	Будь-яке будівництво та озеленення	ДБН В.2.5-23

Розміщення підземних трансформаторних підстанцій (ТП) у щільній міській забудові — поширена практика в Європі та Азії. Підземні ТП дозволяють вивільнити наземний простір для пішохідних зон, скверів і малих архітектурних форм, проте вимагають ретельного вирішення питань вентиляції, гідроізоляції та аварійного виходу. [3,5] Порівняльний аналіз типів трансформаторних підстанцій наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика типів трансформаторних підстанцій

Параметр	Наземна ТП (кіоскова)	Вбудована ТП	Підземна ТП	ТП у колекторі
Займана площа поверхні	25–50 м ²	0 (вбудована)	0 (підземна)	0 (підземна)
Вплив на вигляд вулиці	Значний	Відсутній	Відсутній	Відсутній
Вартість будівництва	Низька	Середня	Висока	Дуже висока
Доступність для обслуговування	Висока	Середня	Низька	Висока
Застосування у щільній забудові	Обмежено	Широко	Оптимально	Оптимально

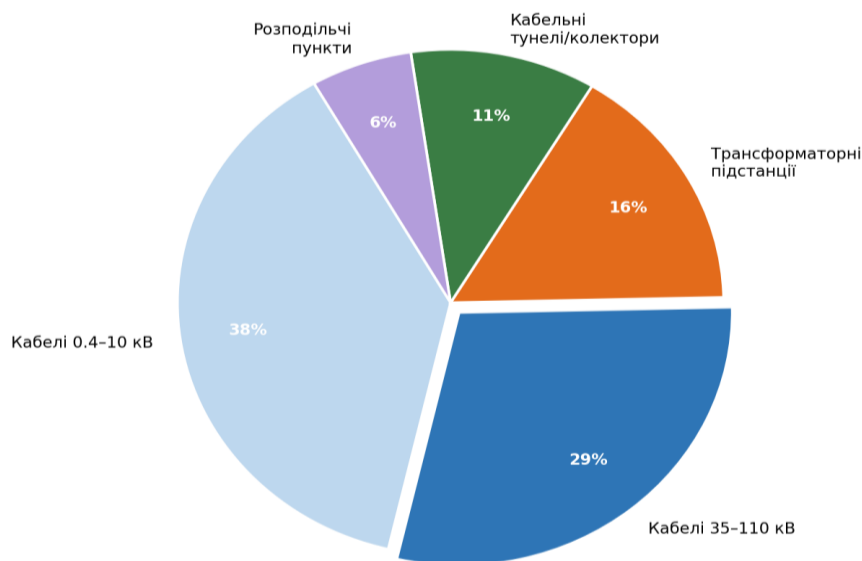


Рис. 2. Структура підземної електроінфраструктури за типами об'єктів (частка у площі охоронних зон)

Кабельні тунелі та прохідні колектори є найбільш архітектурно сумісним видом підземних електромереж, оскільки дозволяють обслуговувати кабелі без розкриття дорожнього покриття та надають можливість надалі розширювати електромережу. Практика будівництва спільних колекторів активно застосовується в містах з інтенсивним підземним будівництвом – Токіо, Парижі, Стокгольмі. [3]

Міжнародний досвід свідчить про суттєве відставання вітчизняних міст за показниками підземного розміщення електромереж. Порівняльні дані представлено на рис. 3.

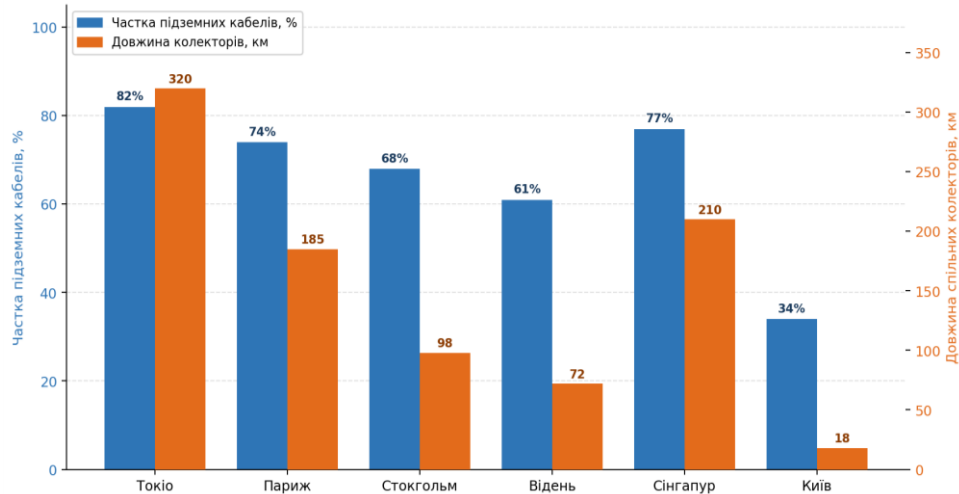


Рис. 3. Міжнародний досвід підземного розміщення електроінфраструктури в містах-мільйонниках

У вітчизняній практиці підземна електроінфраструктура нерідко стає чинником, що обмежує реконструкцію кварталів: застарілі кабелі прокладено без належної документації, а охоронні зони унеможливають освоєння ділянок. Цифровізація обліку інженерних мереж (геоінформаційні системи, BIM-моделі підземної інфраструктури) є необхідною умовою для сучасного архітектурного проектування. [4]

Попри те, що капітальні витрати на прокладання підземного кабелю вищі, довгострокові вигоди для міста переважають цей фактор за рахунок зниження експлуатаційних витрат та уникнення збитків від аварій. Нижче наведено порівняльний аналіз характеристик двох типів інфраструктури:

Критерій порівняння	Повітряні лінії (ПЛ)	Підземні кабельні лінії (КЛ)
Вплив на архітектуру	Негативний (руйнує композицію, створює візуальний шум)	Нейтральний/Позитивний (невидимі для ока)
Термін служби кабелю	25–30 років	40–50 років (завдяки захисту від УФ та перепадів температур)
Охоронна зона (відчуження)	Велика (від 2 до 30+ метрів), земля вилучається з обігу	Мінімальна (зазвичай до 1 м), поверхня доступна для благоустрою
Чутливість до негоди	Критично висока (вітер, ожеледь, падіння дерев)	Майже нульова (захищені шаром ґрунту)
Електромагнітне поле	Вище на рівні людського зросту	Екранується ґрунтом та спеціальними оболонками
Вартість будівництва	Базова (1x)	Вища (3x – 5x залежно від умов щільності)

У результаті дослідження встановлено, що підземна електроінфраструктура чинить подвійний вплив на архітектурний простір міста: з одного боку – обмежувальний (охоронні зони, технічні коридори, заборони забудови), з іншого – формотворчий (підземні підстанції вивільняють наземний простір, колектори структурують планувальні вісі кварталів).

Визначено три основні принципи архітектурної інтеграції підземної електроінфраструктури, які унаочнено на концептуальній схемі (рис. 4):



Рис. 4. Концептуальна схема ролі підземної електроінфраструктури у формуванні архітектурного простору міста

– принцип просторової сумісності – розміщення об'єктів електроінфраструктури в зонах, де охоронні зони збігаються з іншими незабудованими смугами;

– принцип функціональної надбудови – використання перекриттів над підземними ТП як платформ для благоустрою та малих архітектурних форм;

– принцип цифрового планування - обов'язкове включення підземної електромережі в BIM-модель забудови на стадії концепції.

Впровадження цих принципів на стадії містобудівного планування дозволяє уникнути конфліктів між підземними мережами та архітектурними рішеннями, скоротити витрати на перенесення кабелів під час реконструкції та підвищити якість відкритого міського простору.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. — Київ: Мінрегіон України, 2010. — 106 с.
2. Фомін І. О. Основи теорії містобудування. — Київ: Наукова думка, 1997. — 191 с.
3. Белкін С. В. Підземна урбаністика: міжнародний досвід освоєння підземного простору міст. — Харків: ХНУМГ, 2019. — 148 с.
4. Шаленний В. Т., Гончаренко Т. А. BIM-технології в проектуванні інженерних мереж міста // Містобудування та територіальне планування. — 2021. — № 78. — С. 412–419.
5. Kibert C. J. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. 4th ed. — New Jersey: Wiley, 2016. — 576 p.
6. Bobylev N. Underground space as an urban indicator: Measuring use of subsurface // Tunnelling and Underground Space Technology. — 2016. — Vol. 55. — P. 40–51.

НАЦІОНАЛЬНИЙ МУЗЕЙ В АБУ-ДАБІ ПРИКЛАД ПОЕДНАННЯ СУЧАСНОЇ АРХІТЕКТУРИ ТА ІННОВАЦІЙНИХ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

Харламова Л. В., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Національний музей площею майже 89 000 м² поєднує в собі традиційну арабську архітектуру та інноваційні інженерні рішення. Експозиція присвячена засновнику ОАЕ шейху Заїду бен Султану Аль Нахайяну, а також історії та культурній спадщині Абу-Дабі. Крім постійних та тимчасових виставок, у музеї розмістяться освітні простори, конференц-зали та зони для проведення заходів. Музей стане не лише сховищем історичної спадщини, а й важливим культурним центром, який зміцнює позиції Абу-Дабі як глобального культурного центру.

Будівля музею інтегрована в штучний ландшафт, що символізує зв'язок історії ОАЕ з майбутнім. Національний музей шейха Заїда на острові Саадіят в Абу-Дабі – це інженерно-архітектурний шедевр, спроектований проектним бюро Н. Фостера (Foster + Partners). Концепція будівлі натхненна традиційними елементами арабської культури та природою пустелі.

Основна частина. Архітектурною домікантою будівлі музею є п'ять аеродинамічних сталевих веж - крил, форма яких імітує оперення сокола - національного символу ОАЕ. «Крила сокола» утворюють унікальний силует, який контрастує з плоским рельєфом острова Саадіят.



Фото 1. Національний музей шейха Заїда на острові Саадіят в Абу-Дабі

Консольні зварні сталеві конструкції «крил» заввишки від 83 до 123 м, вагою 13 000 тонн, облицьовані майже 7 тисяч скляних панелей.

Проект будівлі національного музею відрізняється інноваційним підходом до стійкості, інтегрованими системами природного охолодження та енергоефективного освітлення.

П'ять сталевих веж – «крил» не лише працюють як вентиляційні труби та сонячні колектори освітлення, вони поєднують сучасні технології з традиціями.

Башти-«крила» є частиною системи вентиляції, вони «витягують» гаряче повітря з атріуму музею, допомагаючи регулювати температуру всередині приміщень. Скляні панелі на поверхні «крил» забезпечують попадання в середину будівлі музею природного освітлення, завдяки чому інтер'єр приміщень сприймається світлішим і гармонійнішим.

Будівля музею вбудована у штучний земляний пагорб. Бетонна гранована оболонка, яка огортає фасади, імітує рельєф та нагадує природні форми еміратських пустельних ландшафтів.

Основний обсяг музею прихований під насипним пагорбом, що дозволяє мінімізувати споживання енергії, забезпечує потужну природну теплоізоляцію та створює прохолодні тінисті простори для відвідувачів. Для облицювання основної частини музею використано спеціальний білий бетон з додаванням подрібненого мармуру, що візуально поєднує колірне рішення будівлі з теплим відтінком пісків острова Саадіят. Для деталей фасаду та інтер'єрів використані елементи з патинованої бронзи.

Внутрішній простір музею організований шістьма галереями, розташованими навколо атріуму «Аль-Ліван», задуманого як громадська вітальня.

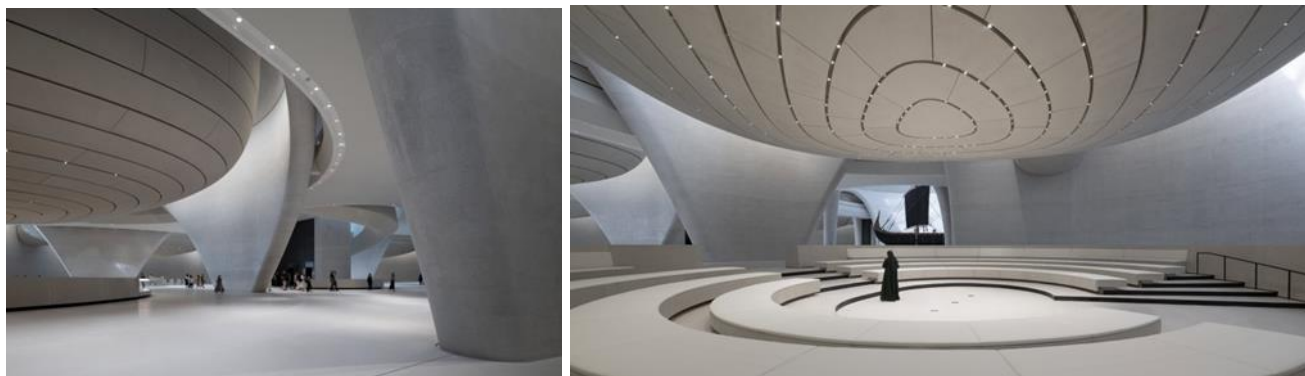


Фото 2,3. Внутрішній простір музею

Дві музейні галереї знаходяться на першому поверсі, решта 4 розміщена у підвішених «коконах - капсулах», фанерованих склобетонними панелями, що створює відчуття ширяння в просторі. Галереї - "кокони" (pods), відрізняються за розміром і присвячені конкретній темі.

Між «капсулами» залишаються світлові прорізи, через які сонячні промені проходять баштами і м'яко висвітлюють центральний атріум Al Liwan.

У «вежах - коконах» використовується тришарове скло з щільним сітчастим прошарком та електрохромні елементи, які змінюють прозорість залежно від інтенсивності сонячного світла («Розумне скління»).

Башти спроектовані, працюють як «сонячні, теплові димарі» (solar, thermal chimneys). Гаряче повітря за рахунок різниці тисків і температур піднімається вгору та виводиться через клапани у вершинах веж, забезпечуючи природне охолодження атріуму та галерей (пасивна вентиляція).

Свіже повітря надходить у будівлю через труби, прокладені глибоко під поверхнею пустелі, де воно попередньо охолоджується природним шляхом перед потраплянням в атріум (система підземного охолодження).

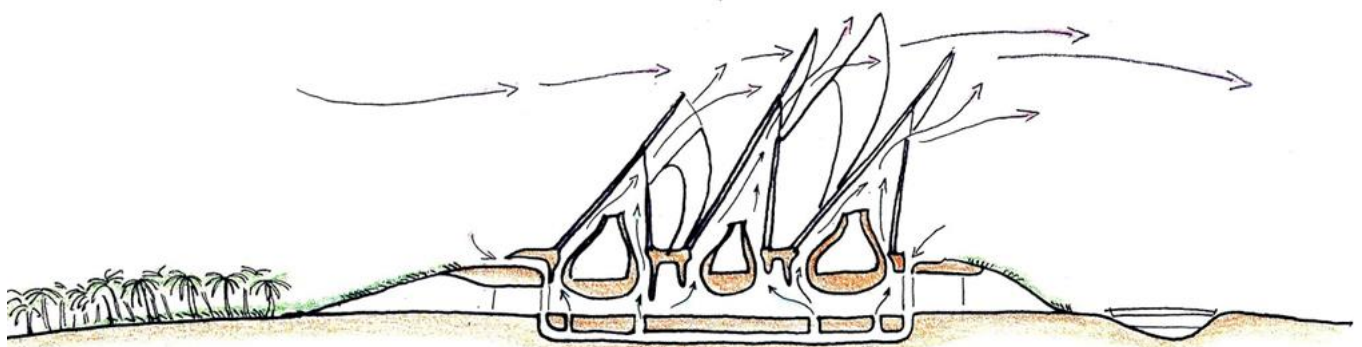


Фото 4. Система пасивної вентиляції та підземного охолодження

Спроектвана проектним бюро Нормана Фостера (Foster + Partners) будівля Національного музею поєднує в собі інноваційні інженерні рішення та традиційні прийоми пасивного охолодження та вентиляції будівель в умовах спекотного безлюдного клімату, які відомі понад 2000 років.

Вітрові вежі Бадгіри («ветролови», вітровловлювачі) набули поширення на Аравійському півострові та в інших жарких регіонах, ставши невід'ємною частиною традиційної арабської архітектури.

Бадгір ("мулькаф") є високою вежею над будівлею з вертикальними отворами зверху.

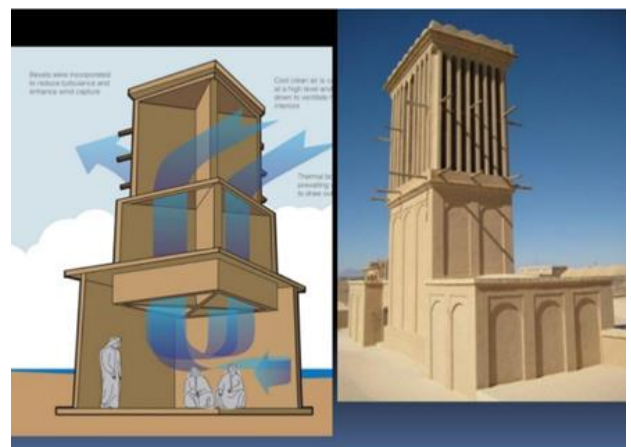


Фото 5. Вітрові вежі Бадгіри - традиційні прийоми охолодження та вентиляції

За відсутності вітру башта працює як витяжка - гаряче повітря з будівлі піднімається вгору і виходить через шахту, створюючи приплив більш прохолодного повітря знизу.

Отвори ловлять навіть найменший рух повітря і спрямовують його донизу будівлі, охолоджуючи через підземні канали (ганати). При проходженні потоку повітря над підземним резервуаром з водою (канатом) або басейном досягається додаткове зниження температури в приміщенні на 10–15°C завдяки випаровуванню.

Система пасивного підземного охолодження використовує стабільно низьку температуру ґрунту (на глибині 1,5–2 м і нижче) для кондиціонування повітря або охолодження теплоносія (ґрунтові теплообмінники, петлі, свердловини, повітряні тунелі) без використання компресорів.

В основі «сталевих крил» музейного комплексу організовано оглядовий майданчик, територію доповнює сад Al Masar площею 600 м², розбитий на кілька тематичних зон. У саду висаджено понад 900 видів рослин і відтворено традиційну арабську систему зрошення, натхненну фаладжем (афладжем) - давньою іригаційною системою (що існує з 2500 до н.е.), при якій для подачі води з підземних джерел використовуються гравітаційні.

За унікальне управління водними ресурсами у 2006 року п'ять систем фаладж (афладж) внесено до списку Світової спадщини ЮНЕСКО.

Висновки. Національний музей шейха Заїда на острові Саадіят в Абу-Дабі є прикладом поєднання сучасної архітектури, традиційних та інноваційних інженерних рішень. Будівля спроектована з акцентом на екологічність за рахунок використання матеріалів, конструкцій та технологій, які забезпечують енергоефективність та стійкість в умовах жаркого клімату.

Список використаних джерел

1. <https://34travel.me/post/zayed-museum-uae>.
2. <https://www.google.com/search?client=opera&q=Конструкции+и+технология+музея+шейха+Заида+архитектор+Фостер+%3A&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>.
3. <https://vents-shop.com.ua/stati-o-ventilyacii/istoriya-ventilyacii-ru/?srsltid=AfmBOorwsyD1vEr5N6LhheYY0yUDRKhqmm5rz7eEE-JsturKLbObkmEE>
4. <https://texty.org.ua/tag/arkhitekturna-dyvovyzha/zayed-national-museum-foster>

ПЕРШИЙ УНІВЕРСАЛЬНИЙ МУЗЕЙ ОАЕ І БЛИЖНЬОГО СХОДУ ЛУВР АБУ-ДАБІ

Харламова Л. В., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Лувр Абу-Дабі розташований у центрі культурного кластера острова Саадіят і є не лише першим універсальним музеєм арабського світу, а й потужним символом амбіцій та здобутків ОАЕ. Лувр Абу-Дабі – це частина 30-річного партнерства з Францією, одного з найдорожчих культурних проектів ХХІ століття. Співпраця з паризьким музеєм Лувр підкреслює високий художній і культурно-політичний статус цього проекту.

Концепцію, стратегію розвитку і наукову базу універсального музею Лувр Абу-Дабі допомогала розробляти команда паризького Лувра. Музей в Абу-Дабі працює за моделлю культурної оренда: більша частина французьких експонатів надходить з Лувру, Музею Орсе, Центру Помпиду.

Основна частина. Ідея створення футуристичного комплексу належить французькому архітектору Жану Нувелю, який поєднав сучасну архітектуру з елементами традиційної арабської архітектури. Джерелом натхнення для архітектора послужили образи стародавніх міст, кинутих людьми, засипаними пісками або занурення на дно моря.

Створений архітектором простий план скидається на результати археологічних розкопок традиційного старого арабського міста – медини. Унікальний комплекс із півсотні будівель, сполучених провулками, внутрішніми дворами та водоймами, накритий куполом, сприймається як сучасна інтерпретація старого арабського міста на узбережжі Перської затоки. За задумом автора музейна "медина" має функціонувати як справжня міська структура. Лувр Абу-Дабі має площу близько 97.000 м², з яких 6.400 м² відведено під постійні експозиції і 2.000 м² - під тимчасові виставки, що створює вражаючий простір для мистецтва різних культур та епох.

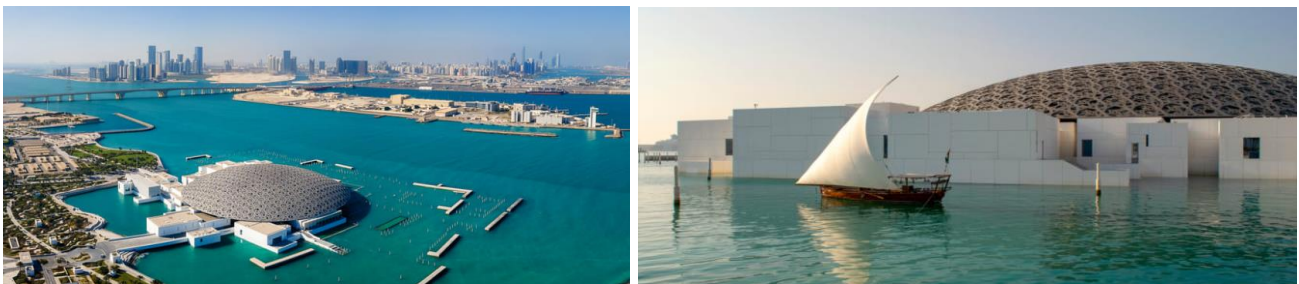


Фото 1,2. Музей оточений водою, потрапити до нього можна суходолом і з боку моря

Купольні споруди в арабській культурі мають багаторічні традиції та символічний зміст (мавзолей, мечеть та медресе). У Луврі Абу-Дабі на острові Саадіят цей символізм завдяки Жану Нувелю набув нового трактування за допомогою інноваційних матеріалів.

Під куполом музею, як 12 «глав» історії людства - від перших поселень до глобального світу, збудовані галереї. Експозиція включає мистецтво Європи, Азії, Африки, Близького Сходу без звичних географічних кордонів. Купольна конструкція накриває дві третини всієї площі музейного комплексу. Крім творів мистецтва, у Луврі Абу-Дабі також зберігаються артефакти різних культур та цивілізацій. Навколо будівлі музею висаджені рослини, характерні різним екосистемам: пустелі, оази, морського острова, водоймища.



Фото 3. Розріз музейного комплексу



Фото 4. Екстер'єр музею

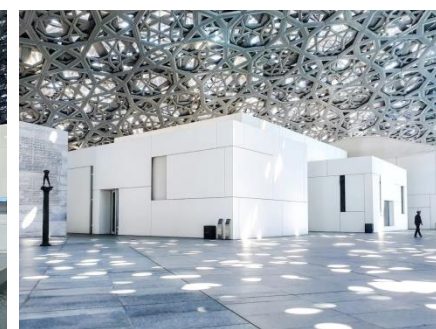


Фото 5,6. Купол з ефектом світлового дощу

У складі виставкових площ передбачені канали, якими можна пропливти на човні, щоб оглянути експозицію центральної частини музею.



Фото 7,8. Інтер'єр музею

Лувр Абу-Дабі, не повторюючи структуру паризького Лувру, курс на збирання універсальної колекції, що складається з наступних відділів: старовини, ісламське мистецтво, європейський живопис.

Особливістю музею є подолання звичного для великих художніх музеїв уявлення зборів за хронологічним принципом.

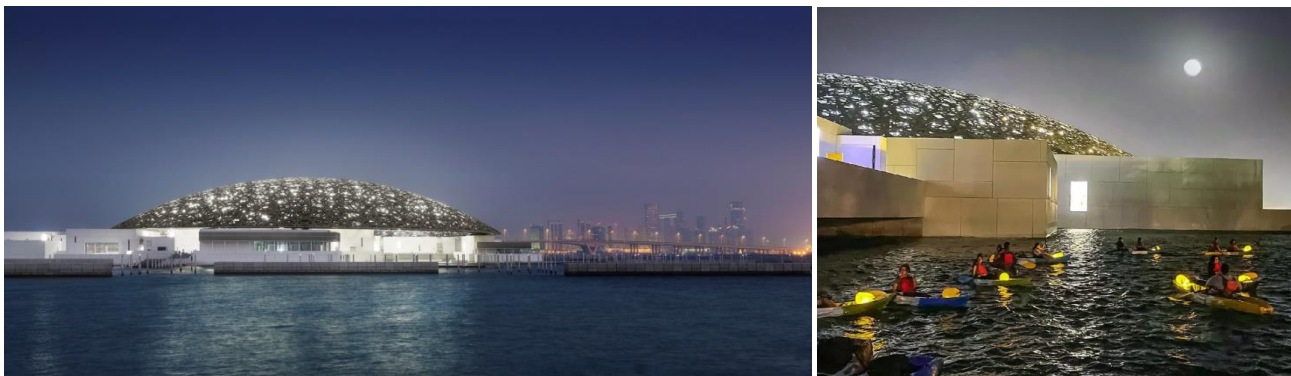


Фото 9,10. Інценування «світла та руху»

У нічний час купол утворює балдахін загалом із 7850 зірок, які видно як усередині будівлі, так і зовні. Інценування „ світла та руху “ відбувається у будь-який час. Центральним елементом архітектурного задуму Ж. Нувеля є величезний купол вагою 7500 тонн (як Ейфелева вежа Парижі).

Для будівництва було виконано 85 сталевих елементів вагою від 50 до 70 тонн змонтованих на 120 тимчасових вежах. Після з'єднання окремих елементів, купол діаметром основи 180 м був опущений на 4 опори.

Купол є складною геометричною структурою, що складається майже з 8000 «зірок», вага найбільшої із зірок - 1,3 тонни, діаметр 13 м. Зірки повторюються в різних розмірах, під різними кутами в 8 різних шарах. 4 зовнішні шари конструкції купола виконані з нержавіючої сталі, 4 внутрішніх - з алюмінію. Складна „ зіркова“ конструкція складається з восьми рівнів зміщених сталевих та алюмінієвих модулів, що мають різні розміри та різні кути нахилу. Завдяки такому рішенню, досягнуто унікального ефекту «світлового дощу», ефекту світла і тіні, нав'язаний плямистою тінню від листя пальм Абу-Дабі.

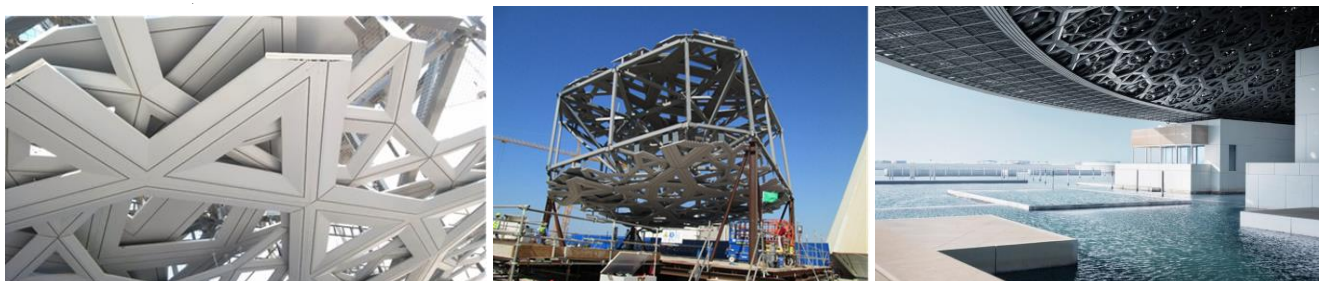


Фото 11,12, 13. „ Зіркова “ конструкція купола

Екологічний мікроклімат. У музеї створено комфортний мікроклімат за рахунок використання водо - та енергопостачання, високоефективної системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, освітлення та сантехніки. системи пасивного охолодження.

Природне охолодження. Купол не лише прекрасний з погляду естетики, він знижує енергоспоживання нижче розташованих будівель і створює ефект «дощу із сонячних променів».

Висновок. Перший універсальний музей в арабському світі, створений для демонстрації зв'язку культур. В основу архітектурної концепції покладено діалог культур і цивілізацій, який блискуче втілив у життя знаменитий французький архітектор Жан Нувель, спроектувавши комплекс з його унікальним куполом, що «парить». Автори концепції Лувру Абу-Дабі створили нову еру у розвитку музеїв.

Цей музей став невід'ємною частиною своєї країни, її історії та географії в непростій їхній інтерпретації. Дизайн Лувру Абу-Дабі відповідає рівню екологічної безпеки «Срібний LEED» та отримав рейтинг «Три перлини» від Estidama.

Цей проект є віхою у міжнародній музейній архітектурі.

Список використаних джерел

1. <https://www.google.com/search?client=opera&q=Концепцию+музея+Лувр+Абу-Дабі+помогала+создавать+команда+парижского+Лувра.&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8https://www.g-u.com/ru-ru/referenzen/luvr-abu-dabi/291010>. [Електронний ресурс]
2. <https://metinvestholding.com/ru/media/article/unikaljnie-sooruzheniya-iz-stali-luvr-abu-dabi>. [Електронний ресурс]
3. <https://www.elumatec.com/ru/success-story/kupol-novogo-luvra-v-abu-dabi>. [Електронний ресурс]
4. <https://www.g-u.com/ru-ru/referenzen/luvr-abu-dabi/291010>. [Електронний ресурс]

СТВОРЕННЯ КУЛЬТУРНОГО КЛАСТЕРА АБУ - ДАБІ

Харламова Л. В., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Острів Саадіят («Острів щастя») є одним із курортів міжнародного класу, світовим центром туризму, ділового життя та елітної нерухомості. Поряд із будівництвом житлових та готельних комплексів на острові зводять величезний культурний кластер, який в одному місці поєднує сучасну архітектуру, візуальну культуру, пропонує занурення в історію та знайомство з різними релігійними конфесіями, що робить острів майданчиком для взаємодії Сходу та Заходу.

Кластер є яскравим прикладом культурного брендингу, Абу-Дабі використовує мистецтво та передову архітектуру для масштабної диверсифікації економіки та перетворення з центру нафтовидобутку на провідну світову столицю туризму, формуючи новий глобальний центр тяжіння та змінюючи уявлення про роль мистецтва у розвитку території.

Основна частина. Культурний район не виник випадково, він задуманий як система, де архітектура, пейзаж та суспільний простір створюють єдиний культурний ландшафт – це не просто музейна зона, а майстер-план змішаного використання території. Окрім музеїв та галерей, тут будуються житлові комплекси, готелі, освітні заклади та зони відпочинку, створюючи повноцінний «розумний» район. Епіцентр світового мистецтва, що будується, це урбаністичний експеримент зі створення міста-музею «з нуля».



Фото 1. Культурний кластер «Острова щастя»



Фото 2. Майстер-план

Культурний округ - це ціла міська структура, де низка відомих музеїв та культурних інституцій розташовані у кроковій доступності та пов'язані між собою пішохідними маршрутами Парку – Бієнале та Саду Аль - Масар. ... Культурний кластер Саадіят — це один із наймасштабніших та найамбітніших музейних проектів у світі, де на площі менше 3 км² зібрані шедеври від 5 архітекторів – володарів Прітцкерівської премії:

- 1) Національний музей імені шейха Зайеда. Арх. Н. Фостер (2025);
- 2) Морський музей. Арх. Тадао Андо (проект);
- 3) Центр виконавських мистецтв. Арх. Заха Хадід (проект);
- 4) Лувр Абу-Дабі. Арх. Ж.Нувель (2017);
- 5) Музей абстрактного мистецтва Гуггенхайма в Абу-Дабі. Арх. Френк Гері (2025);

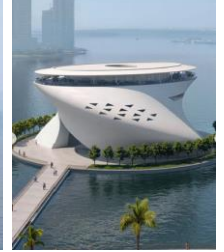


Фото 3,4. Національний музей

Фото 5,6. Морський музей

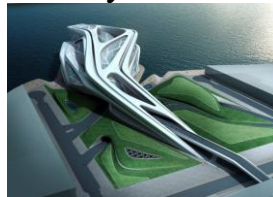
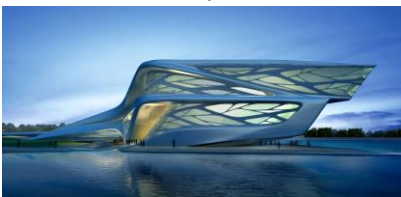


Фото 7, 8. Центр образотворчих мистецтв

Фото 9, 10. Лувр Абу-Дабі



Фото 11, 12. Музей абстрактного мистецтва Гуггенхайма

Фото 13. Панорама

Парк – Бієнале (6) разом з такими об'єктами, як Лувр Абу-Дабі, музей Гуггенхайма та Національний музей імені шейха Зайеда є частиною масштабної стратегії емірату щодо створення головного культурного центру на Близькому Сході. Згідно з генеральним планом Абу-Дабі, територія Бієнале-парку є багатофункціональним громадським простором для виставок та інсталяцій.

Уздовж судноплавного каналу завдовжки 1500 м розроблено прогулянкову зону парку, яка створює відчуття усвідомленого руху між музеями та веде до набережної.

Частиною території Національного музею шейха Зайеда є Сад Аль-Масар, що у перекладі означає «шлях» чи «русло» - це тематичний ландшафтний парк довжиною близько 600 метрів.

Сад Аль- Масар – це інтерпретація ідеї саду через ландшафти та екологію відобразити історію ОАЕ та життєвий шлях засновника шейха Зайеда. Лінійний сад розділений на три основні зони: міську, оазову та пустельну.

У зонах саду багато інтерактивних елементів, що дають змогу познайомитися з екосистемами. Представлено 12 скульптурних зображень місцевих тварин, а також висаджено понад 900 видів еміратських рослин та дерев, які мають історичне значення для регіону.

У саду Аль-Масар змодельована система зрошувальних каналів - «фаладж», історія яких налічує понад 5000 років. Іригаційна система допомагає розподілити обмежені водні ресурси, таким чином досягається ідеальний баланс – поєднання інновацій та поваги до традицій.



Фото 14 –18. Ландшафтна доріжка поєднує музейний комплекс із морем

Сад Аль-Масар є продовженням концепції Національного музею, поєднуючи архітектурне рішення будівлі з навколишнім середовищем. Сад став важливою частиною освітнього та культурного досвіду на острові Саадіят. На думку арх. Н. Фостера «Громадські простори проекту доповнюють торгові та житлові зони по периметру ділянки — разом формуючи новий культурний квартал Абу-Дабі, свого роду міні-місто всередині міста».

При будівництві комплексу споруд тактовно виконано інтеграцію в ландшафт, екологію та унікальні природні умови острова. Всі будівлі спроектовані з урахуванням використання кліматичних стратегій для зниження енергоспоживання за умов пустелі та захисту прибережної лінії острова.

У культурному районі Саадіят Абу-Дабі (ОАЕ) у 2023 році відкрився «Будинок сім'ї Авраама» – місце перетину трьох релігій. Комплекс складається з трьох молитовних будівель: Мечеть, Церква, Синагогу та Форум – центральний громадський простір загальною площею 6500 м², що об'єднує храми, де відбуваються міжконфесійні зустрічі, виставки та лекції.

Творці комплексу хотіли таким чином об'єднати три світові авраамічні релігії та зробити внесок у мирне співіснування людей незалежно від їхнього віросповідання.

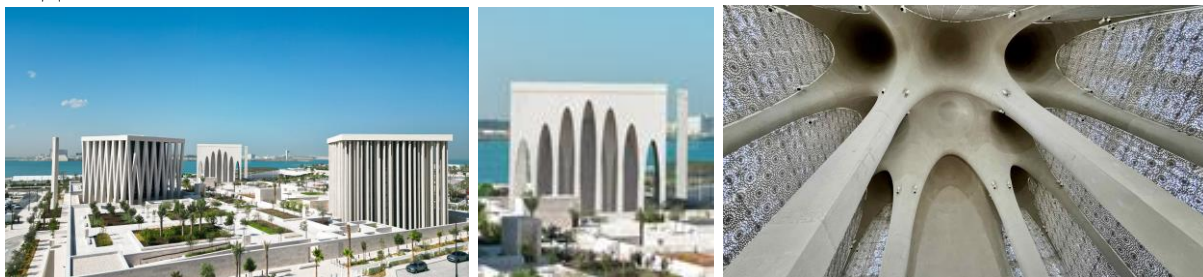


Фото 19. Комплекс «Будинок сім'ї Авраама» Фото 20,21. Мечеть імама Ахмеда



Фото 22, 23. Синагога Мойсея

Фото 24,25. Церква Святого Франциска

Спираючись на практики різних віросповідань, архітектори обирали для кожного молитовного будинку однакові матеріали та форми – куб зі стороною ребра 30 метрів. Однакові обсяги будівель - «кубики» набули неповторних і зрозумілих образів, а разом вони склалися в гармонійну архітектурну композицію, де всі будівлі взаємодіють на рівних.

Висновок. Архітектурний ландшафт Абу-Дабі поєднує його історичну спадщину та сучасні тенденції. «Зіркова архітектура» культурного кластера острова Саадіят привертає увагу містобудівників та урбаністів усього світу.

Архітектурне рішення кожної будівлі враховує клімат, традиції та естетику регіону. Це не копіювання західних музеїв, а створення нової культурної мови. Сучасна архітектура органічно вписується у арабський контекст.

Проекти об'єднують сучасну архітектуру з естетикою традиційного арабського дизайну та принципами гостинності.

Список використаних джерел

5. <https://www.google.com/search?client=opera&q=al+masar+garden+zayed+national+museum&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8> [Електронний ресурс]
6. <https://www.google.com/search?client=opera&q=Почему+это+интересно+с+точки+зрения+урбанистики%3FКультурный+кластер+острова+Саадият+в+Абу-Дабии.&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF8#sv=CAMSWBozKhFpYy1ubDkwd20xNFRhM0xTTTIObmw5MHdtMTRUYTNMU006Dnlhdy03V2Z4eUo5WkxNIAQqGwoEc3ZpbRIRaWMtbmw5MHdtMTRUYTNMU00YATABOAAyByC3r7ewAg> [Електронний ресурс]
7. <https://travelphabet.kz/a/the-abrahamic-family-house/> [Електронний ресурс]
8. <https://www.abudhabi-tickets.com/ru/zayed-national-museum/> [Електронний ресурс].

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА МУЗЕЇВ (культурний кластер Саадіят Абу-Дабі)

Харламова Л. В., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Частиною планів урбанізації Абу-Дабі став культурний квартал, у якому розміщено низку галерей та музеїв. Серед них:



Фото 1, 2, 3, 4, 5:

- 1) Національний музей (Норман Фостер);
- 2) Музей Гуггенхайма (Френк Гері);
- 3) Лувр Абу-Дабі (Жан Нювель);
- 4) Центр образотворчих мистецтв (Заха Хадід);
- 5) Морський музей (Тадао Андо).

Для будівництва комплексу музеїв на острові Саадіят запрошені відомі сучасні архітектори: Н. Фостер, Ф. Гері, Ж. Нювель, З. Хадід, Т. Андо, що говорить про підвищену увагу не лише до всього культурного кластера, а й до кожного окремого рішення архітектурної споруди.

Характеризуючи сучасний розвиток музеїв, дослідники часто говорять про вплив на них процесів глобалізації, завдяки яким міжнародні контакти музеїв у дослідній сфері та в галузі виставкової діяльності стають інтенсивнішими. Відбувається не просто збільшення кількості виставок, а істотно розширюється географія музеїв, залучених до цього процесу.

Основна частина. Одним із проявів глобалізації у сфері культури стала поява філій великих художніх музеїв, які починають створюватися в регіонах, досить екзотичних із погляду історії музею як інституції.

На міжнародному рівні безумовним лідером феномену глобалізації є нью-йоркський Музей Соломона Гуггенхайма, представництва якого знаходяться у Венеції, Берліні та Більбао.

Витоки глобалізації багато фахівців бачать у будівлі філії Музею С. Гуггенхайма в іспанському Більбао, з дня відкриття в 1997 р. і по сьогодні він залишається найбільш відвідуваною у світі точкою культурного туризму у сфері містобудування та архітектури.

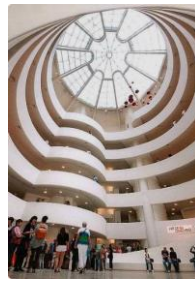


Фото 6,7. Музей Гуггенхайма у Нью-Йорку 1959 р.

Фото 8,9. Музей Гуггенхайма в Більбао 1997 р.

Відкриття філії музею С. Гуггенхайма в Іспанії ознаменувало початок «ефекту Більбао» — феномена, за якого спорудження монументальної будівлі від зіркового архітектора повністю відроджує економіку та імідж депресивного індустріального центру. Концептуальна будівля архітектора Ф. Гері перетворила місто з промислового порту, що впав, на процвітаючий культурний і туристичний центр. Успіх цього урбаністичного експерименту ознаменував новий етап у музейній архітектурі.

До будівництва філії в Більбао багато музеїв були суворими і класичними сховищами. Проект Ф. Гері перетворив саму музейну будову на експонат - міську скульптуру, яка стала твором мистецтва. Музейна архітектура значною мірою привертала себе протягом тривалого часу, у своїй уявленні тенденції розвитку мало протилежні погляду.

Одні вважали, що необхідно продовжувати традицію створення музейної будівлі, яка обов'язково стане окрасою міста та увійде до його пам'ятників. Модерністи бачили музейну будівлю «машиною для експонування», яка має виконувати цілком певну функцію та бути дешевою для створення. Найяскравішим виявом цієї позиції є відомий проект «Музею необмеженого розширення» Ле Корбюзьє. Ідея проекту повністю змінила підхід до проектування галерей. Задум Корбюзьє став відповіддю на проблему нестачі виставкових площ.



Фото 10. Новаторська концепція Ле Корбюзьє, запропонована у 1931 році

Основні принципи проекту - спіральна структура, будівля проектувалася у вигляді квадратної раковини, що розвивається по спіралі. У міру потреби музей міг добудовуватися новими секціями без зміни архітектурної цілісності. Архітектура простору була підпорядкована принципам, які найчастіше називають «універсальними».

У другій половині ХХ ст. дослідники зверталися до концепції уявного музею – «музей без стін». Будинки зі скла та бетону, стіни яких ніби розчиняються, перестаючи служити кордоном просторів, що по-справжньому стали «машинами для експонування», що роблять наочною метафору «музею без стін».

Поява наприкінці ХХ століття будівель, подібних до філії Музею Гуггенхайма в Більбао, дозволяє говорити про реалізацію зворотної метафори – в епоху постмодерну починають створюватися «стіни без музею», дуже актуального значення набуває концепція «оболонки».

«Музей без стін» - це концепція уявного музею, що означає стирання фізичних кордонів (стін) виставкового простору. Протилежна архітектурна концепція – «стіни без музею». Якщо музей без стін знищує межі сприйняття мистецтва, то стіни без музею — це ультрасучасна скульптурна архітектура, яка сама по собі є витвором мистецтва.

На початку ХХІ ст. французький культуролог та філософ-постмодерніст Ж. Бодрійяр охарактеризував Гуггенхайм у Більбао архітектора Ф. Гері як *«ідеальний зразок віртуального об'єкта, прототип віртуальної архітектури. Він створений на основі відомості комбінованих елементів і модулів таким способом, який може застосовуватися при створенні тисячі подібних музеїв»*.

Новий Музей Гуггенхайма, побудований за проектом Ф.Гері в Абу-Дабі, є грандіозною спорудою площею 42 000 м², яка покликана стати найбільшою у світі з п'яти філій нью-йоркського музею фонду С. Гуггенхайма, більше оригіналу за розміром у 12 разів.

Динамічна композиція будівлі, що складається з розрізнених частин масивних конусів та кубів, створює ефект плинності та складності обсягу, є відображенням концепції «навмисного безладдя».



Фото 11,12. Новий Музей Гуггенхайма культурного кластера Саадіят в Абу-Дабі

Внутрішній простір Гуггенхайма в Абу-Дабі спроектовано як вертикальний лабіринт із кубічних залів та футуристичних конусів, з'єднаних між собою скляними мостами – переходами. В основі планування лежить ідея «відкритого центру», головного елемента інтер'єру – атриуму, навколо якого шарами за радіально-кільцевим принципом групуються виставкові зони.

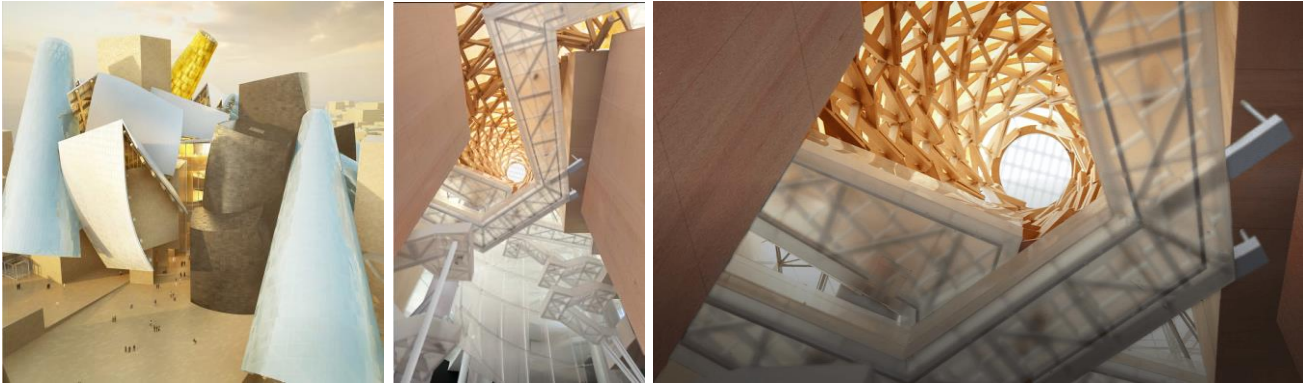


Фото 13,14,15. Музей С.Гуггенхайма в Абу-Дабі

Музей розділений на інноваційні простори з асиметричними стінами, традиційні прямокутні зали та монументальні зони усередині конусів. Ці простори використовуються для іммерсивних аудіовізуальних інсталяцій та світлового мистецтва.

Висновок. Національний музей, Музей Гуггенхайма, Лувр Абу-Дабі, Центр виконавських мистецтв, Морський музей продовжують тенденції останніх років щодо модернізації підходів до архітектурного проектування музейних будівель. Унікальний культурний кластер розроблено з урахуванням принципово нових технологій у побудові експозиції та з використанням інноваційних технологій проектування і будівництва; сучасних будівельних конструкцій та оздоблювальних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Нова перлина Абу-Дабі: довгоочікуваний музей Гуггенхайма. <https://royaldesign.ua/ru/novaya-jemchujina-abu-dabi-dolgojdannyiy-muzej-guggenhayma-ot-frenka-geri.bXnxk/> [Електронний ресурс].
2. Лувр Абу-Дабі: універсальний музей в арабському світі. https://tourlib.net/statti_tourism/kuklinova.htm [Електронний ресурс].
3. [Філософ-постмодерніст Ж. Бодрійяр.](https://www.google.com/search?client=opera&q=філософ-постмодерніст+Ж.+Бодрійяр&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8) <https://www.google.com/search?client=opera&q=філософ-постмодерніст+Ж.+Бодрійяр&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8> [Електронний ресурс].

ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Шеметенко Д.Р., студентка

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Сучасні українські міста перебувають в умовах подвійного виклику – воєнних руйнувань та необхідності переходу до принципів сталого розвитку. Питання екологізації міського середовища набувають особливої актуальності, оскільки відновлення зруйнованої інфраструктури відкриває можливість впровадження інноваційних архітектурних рішень, зокрема систем вертикального озеленення. Зростання частки забудованих територій, скорочення площ зелених насаджень та погіршення мікроклімату міст зумовлюють необхідність пошуку нових підходів до формування екологічно збалансованого міського простору. Вертикальне озеленення – розміщення живих рослин на фасадах, стінах, балконах та конструкціях будівель – є одним із перспективних напрямів, що дозволяє поєднати естетичні, екологічні та енергозберігаючі функції в умовах щільної міської забудови [1, с. 368].

Основна частина. Концепція сталого містобудування передбачає комплексний підхід до формування міського середовища, що охоплює екологічну стабільність, соціальну справедливість та економічну ефективність. В умовах повоєнного відновлення України ці принципи набувають стратегічного значення, оскільки реконструкція зруйнованих будівель і кварталів дає можливість одразу закладати сучасні стандарти якості міського простору. Зокрема, впровадження інноваційних технологій та соціальної інклюзивності визначено ключовими чинниками ефективної реконструкції [5, с. 375]. Вертикальне озеленення є однією з таких технологій. Розрізняють два основні типи систем: зелені фасади, де рослини ростуть безпосередньо по конструкції будівлі або по спеціальних напрямних, та живі стіни, в яких рослини розміщуються у модульних контейнерах із власною системою зрошення. Кожен із типів має свої архітектурні та технічні особливості й може застосовуватися залежно від конструктивних можливостей будівлі та кліматичних умов регіону.

Серед екологічних переваг вертикального озеленення особливого значення набуває здатність рослинного покриву знижувати температуру поверхні фасадів улітку на 10–15 °С, що суттєво зменшує витрати на кондиціонування приміщень. Водночас рослини поглинають дрібнодисперсні частки, діоксид вуглецю та інші забруднювальні речовини, покращуючи якість повітря в міському середовищі [1, с. 371]. Дослідження показують, що озеленення 35 % загальної міської поверхні дозволить уникнути викидів CO₂ до 55,8 мегатонн на рік та зменшити потребу в енергії для охолодження будівель улітку до 92 ТВт-год на рік [2, с. 87].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика основних типів систем вертикального озеленення

Критерій	Зелений фасад	Жива стіна
Принцип розміщення рослин	По конструкції будівлі або напрямних	У модульних контейнерах
Система зрошення	Природне зволоження	Автоматична крапельна
Вартість монтажу	Низька	Висока
Складність обслуговування	Низька	Середня
Зниження температури фасаду	До 10 °С	До 15 °С
Придатність для реконструкції	Висока	Середня

Не менш важливою є роль вертикального озеленення у формуванні комфортного психологічного середовища для мешканців міста. Біофільний дизайн, що базується на принципі інтеграції природних елементів у штучне середовище, сприяє зниженню рівня стресу, підвищенню продуктивності та загальному покращенню самопочуття людини. Це особливо актуально в умовах повоєнної відбудови, коли відновлення психологічного добробуту населення є не менш важливим завданням, ніж фізична реконструкція будівель [4, с. 82].



Рис. 1. Схема функціональних переваг вертикального озеленення в міському середовищі

З погляду містобудівного планування вертикальне озеленення органічно вписується в концепцію «зеленої інфраструктури» міста – мережі природних і напівприродних елементів, що забезпечують екосистемні послуги для міських громад. Вуличні зелені насадження та озеленені фасади в сукупності формують єдину систему, здатну регулювати мікроклімат, поглинати зливові води та підтримувати біорізноманіття в умовах щільної забудови [3, с. 305]. Досвід таких міст, як Сінгапур, Мілан та Відень, свідчить про ефективність комплексного підходу до озеленення міського простору, де вертикальні сади на фасадах будівель поєднуються з озелененими дахами та системами вуличних насаджень [4, с. 84]. В українському контексті впровадження систем вертикального озеленення стикається з рядом практичних викликів. Серед основних – відсутність усталеної нормативної бази, що регулює проектування та технічне обслуговування таких систем, недостатня поінформованість замовників будівництва та проєктувальників, а також відносно висока вартість монтажу й обслуговування живих стін порівняно з традиційними фасадними рішеннями. Разом із тим в умовах відновлення ці витрати можуть бути компенсовані за рахунок міжнародних програм фінансування зеленого будівництва та євроінтеграційних зобов'язань України [2, с. 112].

Стратегічне планування відновлення міст передбачає перехід від точкових рішень до системного підходу, у якому вертикальне озеленення є частиною ширшої містобудівної концепції. Документи Національної ради з відновлення України визначають декарбонізацію будівель та розвиток відновлюваних джерел енергії пріоритетними напрямками, а екологізацію міського середовища – невід'ємною складовою цього процесу [2, с. 98]. Це створює нормативне підґрунтя для впровадження вертикального озеленення як стандартної практики при реконструкції та новому будівництві.

Під час вивчення дисциплін будівельного циклу стає очевидним, що традиційні підходи до проектування фасадів не враховують екологічної складової достатньою мірою. Більшість житлових будинків, збудованих у радянський період, які складають значну частину міської забудови українських міст, мають застарілі фасадні рішення без будь-яких елементів озеленення. Пovoєнна відбудова дає унікальну можливість змінити цю ситуацію – замінити або реконструювати такі будівлі з одночасним впровадженням систем вертикального озеленення [5, с. 381]. Варто також зазначити, що вертикальне озеленення є доступним рішенням не лише для нового будівництва, але й для реконструкції існуючих будівель. Навіть проста установка направляючих конструкцій для виткої рослинності на фасаді не потребує значних капіталовкладень, але вже дає відчутний екологічний та естетичний ефект. Це особливо важливо для невеликих міст і районних центрів, де бюджет на відновлення є обмеженим, але потреба у покращенні міського середовища є не меншою, ніж у великих містах [2, с. 134].

Окремої уваги заслуговує питання підбору рослин для систем вертикального озеленення в умовах континентального клімату центральної України. Такі рослини повинні бути морозостійкими, посухостійкими та

невибагливими в обслуговуванні. Серед найбільш придатних видів – дівочий виноград, жимолость плетиста, клематис та деякі види плюща. Правильний підбір рослинного асортименту є запорукою довговічності та ефективності всієї системи озеленення без значних витрат на догляд [3, с. 307].

Висновки. Вертикальне озеленення є перспективним архітектурно-містобудівним інструментом, що поєднує екологічні, енергозберігаючі та естетичні функції. В умовах повоєнного відновлення України його впровадження є особливо доцільним, оскільки реконструкція зруйнованих міських кварталів відкриває можливість одразу проєктувати простір за стандартами сталого розвитку. Для успішного масштабування цього підходу необхідні: розроблення відповідної нормативної бази, підготовка фахівців у галузі біофільного проєктування та залучення міжнародного фінансування в рамках зеленої відбудови. Подальші дослідження мають бути спрямовані на адаптацію світового досвіду до кліматичних умов різних регіонів України та розроблення типових проєктних рішень для масового застосування. Впровадження вертикального озеленення у практику вітчизняного будівництва сприятиме не лише покращенню екологічного стану міст, але й формуванню нової культури проєктування, орієнтованої на гармонійне поєднання архітектури з природним середовищем. Саме тому дана тема є особисто важливою для майбутніх фахівців у галузі будівництва та цивільної інженерії – від якості їхніх проєктних рішень залежатиме вигляд і екологічний стан українських міст у наступні десятиліття.

Список використаних джерел

1. Єжова О. Вертикальні сади та озеленення в архітектурі: інтеграція природних систем у міське середовище. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2025. С. 368–377. URL: <http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/350169> (дата звернення: 22.05.2026).
2. Матеріали робочої групи «Будівництво, містобудування, модернізація міст і регіонів» / Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Київ, 2022. 350 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/construction-urban-planning-modernization-of-cities-and-regions.pdf> (дата звернення: 22.05.2026).
3. Потоцька С., Аравін П., Карпенко Ю., Свердлов В. Екосистемні послуги вуличних зелених насаджень м. Чернігова в умовах кліматичних змін. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 303–313. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.32> (дата звернення: 22.05.2026).
4. Тютіна Л. В., Давидов А. М. Досвід та перспективи використання вертикального озеленення в міському середовищі. *Вісник Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури*. 2024. С. 80–89. URL: <https://journals.naoma.kyiv.ua/index.php/bulletin/article/view/224> (дата звернення: 22.05.2026).
5. Чечельницька К. Стале містобудування як основа післявоєнної реновації міст України. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2025. № 73. С. 374–388. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.73.374-388> (дата звернення: 22.05.2026).

РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ МІСТОБУДУВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

*Ярема У. В., студентка,
Григорчук Г. В., асистент*

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У сучасному світі містобудування спрямоване на створення комфортних міських середовищ, які задовольняють потреби населення. У 2022 р. частка міського населення перевищила 56%, а до 2050 р. прогнозується її зростання до 68% [1]. Зростання темпів урбанізації зумовлює потребу в аналізі історичних та сучасних підходів до планування міст. У роботі розглядаються основні етапи розвитку містобудівних ідей та їхній вплив на формування сучасного міського середовища.

Основна частина. Початки організованого підходу до містобудування можна простежити ще в найдавніші періоди історії людства. Вони виникали в процесі переходу людства від мисливсько-збирального способу життя до землеробства. Первинні поселення формувалися навколо джерел води, необхідних для зрошення.

Ранній етап містобудування характеризувався формуванням укріплених поселень - фортів-городищ. Організація їх просторової структури визначалася потребами безпеки, зберігання ресурсів і ремісничої діяльності.

Поселення на пагорбах поступово замінилися містами. Античне містобудування сформувало принципи регулярного планування та організації громадських просторів. Прямі вулиці перетиналися під прямим кутом, а для храмів та громадських залів відводились окремі ділянки. Центральним елементом міста була агора - площа, навколо якої групувалися ключові будівлі. Окремо відводилися території для театрів та громадських видовищ. Архітектор Гіпподам Мілетський запропонував планування міста у вигляді рівномірної прямокутної сітки вулиць, з однаковими обрисами кварталів. За цією системою було сплановано район Афін - місто-гавань Пірей, та переплановано місто Мілет у 494 р. до н.е.

Згодом цю систему перейняли і вдосконалили римляни, які розглядали місто як інструмент цивілізації. Римські міста переважно відзначалися більшим масштабом, ніж грецькі. Міста почали планувати з розрахунком на створення громадських просторів та принципів функціональності. Водночас жорстка планувальна структура мала обмежену адаптивність до змін і розвитку міста.

Після економічної кризи раннього середньовіччя міста почали відбудовуватися, а церкви ставали важливими осередками економічної та соціальної активності. З'явилася значна кількість населених пунктів, різних за розміром, способом виникнення та рівнем спеціалізації. Більшість міст, що

пережили пізньоримський період, зберегли регулярну структуру прямокутних чи напівпрямокутних кварталів.

Кількість населення міст значно зросла під час середньовіччя, що зумовило активну розбудову міського простору. Через постійні напади міста почали укріплювати оборонними мурами. Зі зменшенням військової небезпеки населення поступово розселялося за межі міст-фортець. Середньовічне містобудування характеризується щільністю забудови та низькою планувальною гнучкістю. Через пріоритет оборонних функцій, воно сприяло розвитку локальних центрів громадського життя та збереженню історичної планувальної спадковості античного світу.

Ренесансні моделі «ідеального міста» поєднували геометричну впорядкованість простору, оборонні функції та соціальну організацію, однак більшість із них залишилися нереалізованими. Найбільш завершеним прикладом є Пальманова - місто, спроектоване у формі дев'ятикутної зірки з геометрично вивіреною мережею вулиць, що сходилися до центральної площі. Така планувальна структура забезпечувала ефективні оборонні функції завдяки радіальній організації простору та широким зонам огляду.

У другій половині XIX ст. несприятливі умови життя в англійських містах перетворилися на загальнонаціональну проблему та потребували системного вирішення. Серед різних підходів особливе місце посідала концепція Ебенізера Говарда — міста-саду. Вона передбачала обмежену чисельність населення та поєднання міського життя з природним середовищем, де житлова забудова розташовувалася в безпосередній близькості до зелених зон, а виробничі функції винесені на околиці. Навколо міста передбачалася поясна зона зелених насаджень, які підлягали забороні забудови. У разі досягнення містом граничної чисельності населення передбачалося створення нових поселень. Ідеї міста-саду були частково реалізовані у Летчуорті (1903 р.) та Велвіні (1920 р.), які сьогодні є важливими зразками містобудівної спадщини.

У XX столітті провідною концепцією містобудування стала ідея функціонального міста Ле Корбюзьє, що відображала дух модернізму та відмову від класичної спадщини попередніх епох. В основі цієї концепції лежали функціональність і раціональність, а також розвиток вертикальної забудови. Це дозволяло звільнити території для парків, зелених насаджень та рекреаційних зон.

З 1920-х років сформувався напрям функціоналізму. Він передбачав функціональне зонування міста, що нерідко призводило до соціальної сегрегації та просторової відокремленості районів. Значна частина цих ідей була реалізована після Другої світової війни під час відбудови міст і розвитком технологій будівництва, зокрема використанням високоміцного бетону.

У 1933 році на IV Міжнародному конгресі сучасної архітектури була ухвалена «Афінська хартія», яка закріпила основні принципи модерністського містобудування. Вона передбачала функціональне зонування міста на житлові, промислові, рекреаційні та транспортні території, а також перевагу багатоквартирної забудови як основного типу житла. Такий підхід ґрунтувався на

функціональності, раціональній організації простору та стандартизації міського середовища.

Водночас практика модерністського містобудування виявила низку обмежень: жорстке функціональне зонування знижувало гнучкість міського середовища та не відповідало зміненим умовам постіндустріального розвитку, що призводило до втрати змішаних міських функцій і зниження якості міського життя.

Як реакція на ці проблеми у 1990-х роках у США сформувався новий урбанізм. Він проголошує орієнтацію на пішохідну доступність і змішане використання територій. Основними принципами стали багатофункціональність, щільність забудови, якісні громадські простори та сталий розвиток, що передбачає відновлення й переосмислення існуючих міських територій.

Сучасна урбаністика досліджує гнучкі підходи до формування міських середовищ. Основними напрямками сучасної урбаністики є сталий розвиток, дотримання екологічних стандартів, інклюзивність міського простору та підвищення якості міського середовища.

Висновок. Аналіз еволюції містобудівних принципів демонструє перехід від оборонних і функціонально обмежених поселень до моделей сталого, змішаного та інклюзивного міського середовища.

Використані джерела

1. By Hannah Ritchie, Veronika Samborska, and Max Roser Urbanization. URL: https://ourworldindata.org/urbanization?utm_source

2. Мельничук, Г. В. Інтегрований розвиток міст: підходи та методи управління / Г. В. Мельничук, О. Л. Дронова // Український географічний журнал. – Київ : Інститут географії НАН України, 2018. – № 2. – С. 45–53.

3. Дронова, О. Л. Новий урбанізм і модернізм: порівняльний аналіз концепцій містобудування / О. Л. Дронова // Сучасні проблеми архітектури та містобудування : наук.-техн. зб. – Київ : КНУБА, 2018. – Вип. 50. – С. 112–119.

4. Крисоватий, І. А. Особливості розвитку урбаністики: цифровізація та трансформаційні зміни / І. А. Крисоватий // Журнал соціально-економічних досліджень. – Київ : КНУТД, 2023. – С. 45–52.

5. Zulfiqar, M. U. Historical development of urban planning theory / M. U. Zulfiqar // International Journal of Information Systems and Technology. – 2023. – Vol. 5, No. 1. – P. 37–55.

ЕСТЕТИКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ФАСАДІВ

*Григорчук Г. В., асистент, Попова Є. С., студентка
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Зростання вимог до енергоефективності будівель і якості внутрішнього середовища стимулює розвиток адаптивних архітектурних систем. Такі системи змінюють параметри внутрішнього середовища та забезпечують комфорт користувачів.

Традиційні фасадні системи мають обмежені можливості реагування на зміни зовнішнього середовища. Це зумовлює необхідність застосування інтелектуальних систем керування будівлями: автоматизованих систем освітлення, вентиляції та клімат-контролю.

Одним із перспективних напрямів розвитку сучасної архітектури є впровадження інтелектуальних фасадів, здатних динамічно змінювати свої характеристики залежно від зовнішніх впливів.

Актуальною науковою проблемою залишається аналіз взаємозв'язку між кліматом, морфологією будівлі та типом інтелектуального фасаду. Для дослідження використано порівняльний аналіз двох громадських будівель із різними кліматичними умовами, морфологією та принципами функціонування інтелектуальних фасадів.

Основна частина. Фасад є однією з найважливіших складових будівлі. Він формує зовнішній вигляд споруди, виконує захисну функцію та визначає просторове й емоційне сприйняття середовища людиною.

Традиційні фасадні системи переважно виконують захисну функцію, постійно піддаються змінам температури, освітлення, вологості та вітрових навантажень. Конструктивні характеристики традиційних фасадів не забезпечують адаптації внутрішнього мікроклімату до зовнішніх чинників. Натомість кліматично адаптивні фасадні системи динамічно реагують на кліматичні впливи та змінюють свої параметри відповідно до умов довкілля і потреб користувачів.

Адаптивні фасади – це інтелектуальні конструкції, здатні автоматично або напівавтоматично підтримувати оптимальні умови всередині будівлі.

Ідея адаптивних фасадів не є новою. Протягом століть архітектурні рішення формувалися з урахуванням природних умов місцевості. У народній та біокліматичній архітектурі природне освітлення, вентиляція, сонячна інсоляція та кліматичні особливості використовувалися для забезпечення комфортного внутрішнього середовища без значних енерговитрат.

Поняття «адаптивний фасад» об'єднує широкий спектр фасадних систем, зокрема активні, динамічні, інтерактивні, кінетичні, інтелектуальні, чутливі та

автоматизовані оболонки, спроможні змінювати свої характеристики у відповідь на впливи зовнішнього середовища та потреби користувачів.

Проектування сучасних будівель стає все більш складним завданням із зростанням вимог до енергоефективності, екологічності, економічної доцільності та комфорту архітектурного середовища. Кліматично адаптивні фасадні системи (CABS) розглядаються як один із перспективних напрямків підвищення стійкості та енергоефективності сучасного архітектурного середовища. У порівнянні зі звичайними фасадами, CABS пропонує потенційні можливості для економії енергії, а також поліпшення якості навколишнього середовища в приміщенні. Поєднуючи активні та пасивні технології, CABS забезпечують гнучкість і підвищують ефективність будівельної оболонки [2].

Принципи формування сучасної архітектури змінюються відповідно до вимог енергоефективності, сталого розвитку, врахування кліматичних чинників та урбаністичних потреб. Одним з найбільш вдалих рішень стали адаптивні фасади та інтелектуальні системи управління, що мають високий ступінь інтеграції з іншими системами будівлі. Інноваційні матеріали та конструкції сприяють зменшенню енерговитрат, зниженню ваги будівель та підвищенню їхньої ефективності. Інтеграція сучасних технологій створює гнучке архітектурне середовище, здатне до саморегуляції у відповідь на зміни [1].

Інтелектуальний фасад у сучасній архітектурі виконує не лише функцію енергоефективної оболонки, а й формує архітектурний образ будівлі. Фасади Al Bahar Towers (2012 р.) та Museu do Amanhã (2015 р.) демонструють різні підходи до реалізації інтелектуальних фасадних систем у сучасній архітектурі.

Фасад веж Al Bahar Towers (Рис.1) в Абу-Дабі (ОАЕ) змінює свою конфігурацію відповідно до кліматичних умов зовнішнього середовища. Об'єкт розташований у зоні аридного клімату з високим рівнем сонячної радіації, мінімальною кількістю опадів і температурою повітря від 27,9 °С до 45 °С. Додатково на експлуатаційні умови будівлі впливають солоне морське повітря, інтенсивні теплові навантаження та підвищена запиленість [5]. Сукупність цих факторів визначає підвищені вимоги до фасадної системи.

Кінетична фасадна система Al Bahar Towers являє собою параметричну інтерпретацію машрабії. Машрабія – традиційний елемент арабської культури, що складається з різьблених дерев'яних решіток. Такі конструкції історично використовувалися в регіоні для забезпечення тіні, циркуляції повітря та приватності в будівлі.

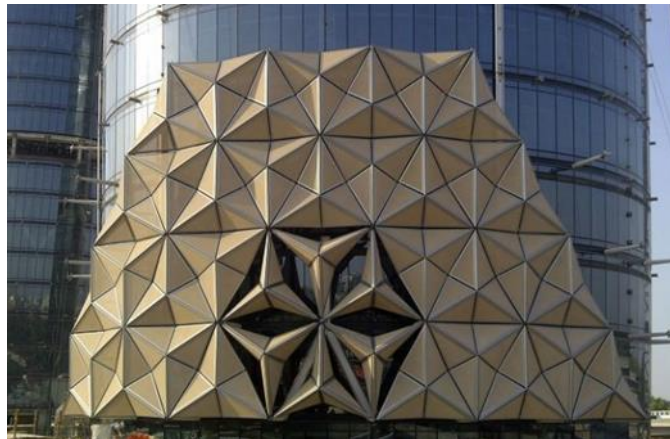
Система складається з екрана, який розташований на відстані двох метрів від зовнішньої частини будівлі на окремій рамі та складається приблизно з 1000 рухомих елементів. Кожен трикутний елемент покритий скловолокном і запрограмований реагувати на рух сонця, щоб зменшити сонячне випромінювання та відблиски залежно від зміни кутів. Положення елементів машрабії змінюється відповідно до руху сонця. У ранкові години закриваються модулі на східному фасаді, а протягом дня зона активного затінення поступово переміщується навколо будівлі, повторюючи траєкторію сонця та регулюючи

рівень сонячної інсоляції. Система знижує сонячне випромінювання приблизно на 50% та скорочує потреби в кондиціонуванні на близько 20%.

Крім того, здатність тіні фільтрувати світло дозволила використовувати натуральне тоноване скло, яке пропускає більше світла і менше потребує штучного освітлення, що відповідає принципу сталого розвитку [3].



а. Загальний вигляд веж Al Bahar Towers



б. Фрагмент кінетичної фасадної системи Al Bahar Towers

Рис.1. Проєкт Al Bahar Towers (Абу-Дабі, ОАЕ, 2012 р.)

Не менш важливою є естетична складова фасаду. Форма веж заснована на ісламських геометричних елементах. Структурний профіль підкреслюється звуженням до основи. Він візуально об'єднаний спільним об'ємом, в якому розташовані переходи, підземні паркінги та громадські простори.

Вежі відображають арабську архітектурну спадщину, поєднуючи сучасні технології та принципи сталого розвитку. Рух фасадних елементів формує динамічний архітектурний образ будівлі.

Подібне поєднання адаптивності, екологічності та естетики демонструє будівля Museu do Amanhã (Рис. 2). Її архітектурна форма взаємодіє з навколишнім середовищем і кліматичними умовами, а енергогенеруюча фасадна система інтегрована в біоморфну структуру будівлі.

Museu do Amanhã, або музей майбутнього, розташований у Ріо-де-Жанейро на південно-східному узбережжі Бразилії. Клімат Ріо-де-Жанейро належить до вологого тропічного типу з високою вологістю та інтенсивним сонячним випромінюванням. Діапазон температур 20°C – 31°C [6]. Кліматичні умови регіону відіграли ключову роль у створенні архітектурної концепції музею.

Будівля оснащена сталевими конструкціями з вбудованими фотоелектричними панелями, що рухаються подібно до крил. Рухомі сонячні панелі автоматично змінюють кут нахилу відповідно до положення сонця, що забезпечує максимальне поглинання сонячної радіації та виробництво електроенергії. Система водного охолодження внутрішнього простору використовує воду затоки Гуанабара. Таке використання природних ресурсів зменшує енергоспоживання будівлі та підвищує екологічну ефективність [4].



а. Загальний вигляд Museu do Amanhã б. Адаптивна фасадно-дахова система Museu do Amanhã

Рис. 2. Проєкт Museu do Amanhã (Ріо-де-Жанейро, Бразилія, 2015 р.)

Консольний дах та фасадна конструкція простягається майже на всю довжину пірсу. Площа будівлі становить близько 15 000 м². Витягнута горизонтальна композиція будівлі інтегрується у прибережний ландшафт затоки Гуанабара та узгоджується з навколишньою історичною забудовою, передусім монастирем Мостейру-де-Сан-Бенту. Будучи культурним центром проєкту відродження Портового регіону, музей став символом сучасного розвитку міста.

Порівняльний аналіз Al Bahar Towers та Museu do Amanhã ілюструє залежність типу інтелектуального фасаду від клімату, архітектурної структури та способу взаємодії будівлі з навколишнім середовищем.

	Al Bahar Towers (Абу-Дабі)	Museu do Amanhã (Ріо-де-Жанейро)
Кліматичні умови	Аридний клімат; температура 27-45°C; пиліві бурі та висока інсоляція	Вологий тропічний клімат; температура 20-31°C; висока вологість та інтенсивне сонячне випромінювання
Принцип адаптації	Сонцезахисна динамічна оболонка; Кінетичний екран із трикутних модулів, що автоматично відкриваються та закриваються залежно від сонячної активності	Енергогенеруюча адаптивна конструкція; Рухомі фотоелектричні елементи даху змінюють положення відповідно до руху сонця
Основна функція	Зменшення теплового навантаження та відблисків	Генерація енергії та затінення
Морфологія будівлі	Вертикальна висотна композиція; Формує вертикальну домінуючу міського простору Абу-Дабі	Горизонтальна витягнута композиція; Інтегрується у прибережний ландшафт затоки Гуанабара
Естетичний ефект	Рух фасадних елементів формує динамічний архітектурний образ будівлі	Рухомі елементи підсилюють пластичність та візуальну легкість конструкції

Висновок. Аналіз Al Bahar Towers та Museu do Amanhã виявляє можливість поєднання енергоефективності, кліматичної адаптації та архітектурної виразності у сучасних громадських спорудах.

Дослідження показало, що вибір інтелектуальної фасадної системи визначається не лише кліматичними умовами, а й морфологією будівлі. В аридному кліматі вертикальна структура сприяє застосуванню кінетичних сонцезахисних фасадів, тоді як у вологому тропічному середовищі горизонтальна композиція поєднує функції енергогенерації, затінення та природного охолодження.

Список використаних джерел

1. Руденко А.О., Борисенко А.С. Адаптивні фасади та енергоефективні рішення в архітектурі сучасних хмарочосів. *Науковий вісник будівництва*. 2025. Вип. 112. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1858/1783> (date of access: 20.05.2026).
2. Loonen R., Trčka M., Cóstola D., Hensen J. Climate Adaptive Building Shells: State-of-the-Art and Future Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. №25. P. 483–493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.016>
3. Cilento K. Al Bahar Towers Responsive Façade. Aedas. *ArchDaily*. URL: <http://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas> (date of access: 25.05.2026).
4. Exhibitions : From the Cosmos to Us. *Museu do Amanhã*. URL: <https://museudoamanha.org.br/en/exhibitions/775/from-the-cosmos-to-us> (date of access: 18.05.2026).
5. Abu Dhabi Climate: Average Temperature by Month, Weather Graph, Climate Table and Data. *Climate-Data.org*. URL: <https://en.climate-data.org/asia/united-arab-emirates/abu-dhabi/abu-dhabi-3217> (date of access: 18.05.2026).
6. Climate Rio de Janeiro: Temperature, Climate graph, Climate table. *Climate-Data.org*: URL: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/rio-de-janeiro-208> (date of access: 18.05.2026).

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Чалий Р.Д., студент, Гасенко Л.В., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Енергоефективність будівель передбачає використання меншої кількості енергії для виконання тих самих завдань, зменшення втрат енергії та оптимізацію використання енергії в різних процесах і системах. Енергоефективність будівель є вирішальним аспектом сталого розвитку та збереження енергії, оскільки будівлі споживають значну кількість енергії і зменшення її споживання будівлями може допомогти значно зменшити викиди парникових газів та заощадити енергетичні ресурси. Саме тому технології енергоефективності будівель є актуальним питанням, яке наразі активно досліджується.

Основний текст. Основні інноваційні технології, що можуть бути застосовані для енергоефективності будівель наведені на рисунку 1.



Рис. 1. Інноваційні технології енергоефективності будівель

Пасивний будинок – це будівельний стандарт, який наголошує на енергоефективності, герметичності та теплоізоляції. Будівлі, що відповідають цьому стандарту, використовують до 90% менше енергії на опалення та охолодження, ніж традиційні будівлі. Принципи зведення пасивного будинку включають ізоляцію, герметичність, потрійні склопакети, механічну вентиляцію з рекуперацією тепла та пасивне сонячне опалення.

Критеріями для пасивного будинку в Європі є:

- питома витрата теплової енергії на опалення не повинна перевищувати 15 кВт-год/(м² на рік);

- навантаження на опалення ≤ 10 Вт/ м²;
- спеціальні вимоги попиту охолодження будівлі ≤ 15 кВт-год/(м² на рік);
- щорічний період перегріву (температура в приміщенні вище 25 °С) $\leq 10\%$;
- результат тесту на герметичність (N50) $\leq 0,6$ зміни повітря/год;
- загальне споживання первинної енергії для всіх побутових потреб (опалення, гаряча вода й електрична енергія), не повинно перевищувати ≤ 120 кВт-год/м² на рік).

Фотографія в інфрачервоних променях на рисунку 2 показує, наскільки ефективна теплоізоляція пасивного будинку (праворуч) порівнюючи зі звичайним будинком (ліворуч) [1].



Рис. 2. Фотографія в інфрачервоних променях пасивного і звичайного будинків

Розумні термостати – це програмовані термостати, які враховують температурні вподобання користувачів та відповідно регулюють температуру. Вони можуть заощадити до 10% на витратах на опалення та охолодження, автоматично регулюючи температуру залежно від заповненості будівлі. Розумними термостатами також можна керувати дистанційно за допомогою смартфонів або інших пристроїв, що забезпечує більшу гнучкість та контроль над споживанням енергії.

Енергоефективне освітлення, таке як світлодіодні лампи, є найбільш енергоефективним варіантом освітлення. Світлодіодні лампи використовують до 75% менше енергії, ніж традиційні лампи розжарювання, і служать до 25 разів довше. Світлодіодні лампи також є більш екологічними, оскільки не містять токсичних хімічних речовин і їх можна легко переробити.

Одним із базових елементів таких систем є таймери, які виконують низку важливих функцій у контексті енергоефективного освітлення. Таймери часу забезпечують автоматичне вмикання та вимикання освітлення у задані часові інтервали. Вони особливо ефективні для зовнішнього освітлення, рекламних конструкцій та офісних приміщень. Цифрові таймери з програмованими сценаріями дають змогу точно налаштувати режими освітлення відповідно до графіка роботи об'єкта або добового циклу. Інтеграція таймерів у системи «розумного будинку» дає змогу поєднувати їх із датчиками руху, освітленості, клімат-контролем та іншими компонентами, створюючи комплексні сценарії керування [2].

Системи автоматизації будівель – це комп'ютеризовані системи, які керують опаленням, охолодженням, освітленням та іншими системами будівлі. Вони можуть оптимізувати використання енергії та зменшити втрати, регулюючи системи будівлі залежно від наповненості, температури, вологості та інших факторів. Системи автоматизації будівель також можна використовувати для моніторингу та аналізу споживання енергії, визначення напрямків для покращення та впровадження заходів енергозбереження.

Важливою тенденцією в області побудови автоматизованих будинків є організація єдиної комунікаційної інфраструктури, здатної підтримувати функціонування провідної й бездротової мережі, а також різних інженерних систем і додатків. Наявність такої інфраструктури спрощує обмін інформацією в системах «людина – людина», «людина – пристрій» і «пристрій – пристрій» як у межах будинку, так і при взаємодії із зовнішнім світом. Вона забезпечує функціонування провідної локальної мережі, Wi-Fi, стільникового зв'язку усередині будинку, а також передачу аудіо- і відеоданих, підключення різних датчиків і виконавчих механізмів, роботу систем керування будинком [3].

Вентиляція з рекуперацією енергії – це сучасна система повітрообміну, яка зберігає до 90% тепла або прохолоди, що вже є в приміщенні. Вона безперервно видаляє відпрацьоване повітря і подає свіже з вулиці, пропускаючи їх через теплообмінник, де потоки обмінюються енергією, але не змішуються. Застосування такої системи повітрообміну може знизити витрати на опалення та охолодження до 40%. Системи вентиляції з рекуперацією енергії особливо ефективні в будівлях з високою продуктивністю вентиляції, таких як лікарні та школи, де свіже повітря необхідне для здоров'я та комфорту мешканців.

Застосування сонячної енергії. Встановлення сонячних панелей на даху може значно зменшити споживання енергії будівлею та викиди вуглецю. Окрім зменшення витрат на енергію, сонячна енергія також може забезпечити енергетичну незалежність та стійкість під час відключень електроенергії.

Як було виявлено в численних експериментах та на прикладі реальних об'єктів, кут нахилу суттєво впливає на продуктивність фотомодулів. Обравши не той кут, власник станції може недоотримати до 20% виробітку. Для розрахунку оптимального кута нахилу достатньо дізнатися приблизну широту регіону, де розміщується об'єкт, і відняти від неї 15° влітку або додати взимку. Наприклад, Львівська область розміщується між 48°45' та 50°46' північної широти, а оптимальні кути нахилу сонячних панелей для неї наведені на рисунку 3.



Рис. 3. Оптимальний кут нахилу сонячних панелей для Львівської області

«Зелені» дахи вкриті рослинністю, яка може забезпечувати ізоляцію, поглинати дощову воду та зменшувати ефект міського теплового острова. Вони також можуть зменшити споживання енергії до 25%, забезпечуючи природну ізоляцію та зменшуючи потребу в кондиціонуванні повітря. «Зелені» дахи також можуть покращувати якість повітря, забезпечувати середовище існування для дикої природи та створювати зелені зони в міському середовищі.

Ізольовані бетонні форми (ІБФ) – це піноблоки, заповнені бетоном. Вони забезпечують чудову ізоляцію та можуть знизити витрати на опалення та холодження до 50%. ІБФ також міцні, вогнестійкі та можуть витримувати суворі погодні явища, що робить їх ідеальними для регіонів із суворим кліматом.

Теплові насоси – це високоекологічна альтернатива котлам на газі чи твердому паливі, що використовує поновлювану енергію довкілля для опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування. Теплові насоси працюють, передаючи тепло з повітря, ґрунту або води. Вони споживають у 3 – 5 разів менше електроенергії, ніж виробляють тепла, забезпечуючи максимальну автономію. Вони можуть забезпечувати опалення та охолодження, використовуючи до 50% менше енергії, ніж традиційні системи.

Системи енергомоніторингу відстежують споживання енергії будівлею та визначають області, де можна заощадити енергію. Вони також можуть надавати дані про споживання енергії та витрати в режимі реального часу, дозволяючи користувачам чи власникам будівель приймати обґрунтовані рішення щодо використання енергії та визначати області для покращення. Системи енергомоніторингу можна використовувати разом із системами автоматизації будівель для оптимізації використання енергії та зменшення відходів.

Висновки. Енергоефективність будівель є критично важливим аспектом сталого розвитку та збереження природи. Впроваджуючи інноваційні технології та стратегії, будівельна галузь має можливість значно зменшити споживання енергії, заощадити гроші та допомогти побудувати більш стале майбутнє.

Список використаних джерел

1. О.А. Якубовський, О.В. Таран. Пасивний будинок – інноваційне енергозберігаюче житло. Наукові записки, вип.17, 2015. С. 17 – 21.
2. Петренко, К. Г., Постол, Ю. О., Гулевський, В. Б., & Ковальов, О. О. (2025). Енергоефективне освітлення з автоматизованим керуванням. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 15(2), 205–212. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-24>
3. О. Серeda. Дослідження та програмна реалізація системи автоматизації будинку на основі технології ВІОТ. Збірник праць молодих науковців ЦНТУ, вип.15, 2025. С. 302 – 310.