

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

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ ТА СПОРУДИ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ

Збірник наукових праць

ВИПУСК 8



27 листопада 2025 року

м. Кропивницький

Видається за рішенням редакційної колегії VIII Всеукраїнської науково-практичної Інтернет конференції «Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття» та Вченої ради факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету (протокол № 5 від 28.11.2025 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, установлення 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 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

Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття: збірник наукових праць. 8- й випуск. – Кропивницький – Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 100 с.

Тексти матеріалів подані в авторській редакції. Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори статей.

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2025

ЗМІСТ

Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Журавель С., Мельник О.	5
ФІЗИЧНЕ І МОРАЛЬНЕ ЗНОШЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	
Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Журавель С., Мельник О.	7
СУЧАСНІ ГЕРМЕТИКИ В БУДІВНИЦТВІ	
Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Кульбанський Ю.М.	10
БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ІІ ТИСЯЧОЛІТТЯ	
Чеканович М.Г.	14
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАРБОНІЗАЦІЇ БЕТОНУ НА СТУПЕНЬ КОРОЗІЙНОГО ЗНОСУ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД	
Чеканович М.Г.	19
ПАРАМЕТРИЧНА ТОЧКА – НОВИЙ КРИТЕРІЙ МІЦНОСТІ БЕТОНУ	
Гасенко А.В., Кудлай А.О., Табаркевич О.О.	23
ФОТОФІКСАЦІЯ РУЙНУВАНЬ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ ЦЕГЛЯНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ	
Дмитрієв І.М., Карпушин С.О., Пантелеєнко В.І., Червоноштан А.Л.	27
ОСОБЛИВОСТІ ГЕОТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВИСОТНИХ СПОРУД	
Заїко В.І.	31
ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ МОСТА ЧЕРЕЗ КИЇВСЬКИЙ ШЛЮЗ	
Кошевий І.О.	35
АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ТА ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ШВИДКОГО ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ХЕРСОНЩИНИ	
Межейніков С.С.	39
СУДОВА ЕКСПЕРТИЗА ПРИ ДОСЛІДЖЕНІ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД	

Гасенко А.В., Падун Ю.О. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗБОРУ НАВАНТАЖЕНЬ НА АНТЕННІ СПОРУДИ ЗВ'ЯЗКУ	42
Гудзь С.А., Дарієнко В.В., Слонь В.В. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗБОРУ НАВАНТАЖЕНЬ НА АНТЕННІ СПОРУДИ ЗВ'ЯЗКУ	45
Копійка О.О. АДДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО (3D-ДРУК), СУБТРАКТИВНЕ/ ФОРМУЮЧЕ АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ	49
Семко О.В., Дроботя О.В. ЩОДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕСУЧИХ ТА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ХОЛОДНОФОРМОВАНИХ СТАЛЕВИХ ПРОФІЛІВ	53
Ярема У.В. ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ШИН У БУДІВНИЦТВІ	55
Смоленська С.О. ВІХИ ЕПОХИ МОДЕРНІЗМУ: ПЕРШІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ УКРАЇНСЬКІ ЕЛЕВАТОРИ	58
Usacheva O. Yu. PECULIARITIES OF CREATING A COMFORTABLE ENVIRONMENT FOR CHILDREN WITHIN THE INFLUENCE ZONE OF THE SMALL SOUTHERN RAILWAY	62
Григорчук Г.В. ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕР'ЄРІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КУЛЬТУРНО- ПРОСВІТНИЦЬКИХ ЦЕНТРІВ	66
Коваленко Р.Ю., Жабченко С.М. НАПРЯМИ ІНЖЕНЕРНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ОДЕСИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ СТІЙКОСТІ ДО ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ОПАДІВ	70
Ковшаков С.О. ГЕОДЕЗИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	74

ТЕРИТОРІЙ В КОНТЕКСТІ МІСТОБУДІВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Харламова Л.В. МІСТОБУДІВНА РЕКОНСТРУКЦІЯ ПАРИЖА 1870 – 2025	76
Харламова Л.В., Бурлака Д.В. ВЕЛИКИЙ ЄГИПЕТСЬКИЙ МУЗЕЙ У ГІЗІ – НОВЕ ДИВО СВІТУ У ТІНІ ПІРАМІД	80
Харламова Л.В., Попова Є.С. ПОВОЕННЕ ВІДРОДЖЕННЯ ХАРКОВА	84
Чепіль Р.Д., Григорчук Г.В. РЕВІТАЛІЗАЦІЯ В СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ: ПЕРЕТВОРЕННЯ BATTERSEA POWER STATION НА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ГРОМАДСЬКИЙ ЦЕНТР	88
Волошин М.М. СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ В ДОМАШНІХ УМОВАХ	92
Гасенко Л.В., Чалий Р.Д. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПЛАНІВ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ	97

СУЧАСНІ ГЕРМЕТИКИ В БУДІВНИЦТВІ

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

Вступ. У сучасному будівництві питання герметизації стиків, швів та з'єднань є ключовим чинником довговічності, енергоефективності та безпеки споруд. Герметики забезпечують захист від проникнення вологи, пилу, газів, шуму; компенсацію деформацій між конструкційними елементами; покращення тепло- та звукоізоляційних характеристик; збереження архітектурного вигляду фасадів і внутрішніх приміщень.

Ключові слова: герметики, поліуретан, силікон, MS-полімер, акрил, гідроізоляція, адгезія, еластичність, герметизація швів, наноматеріали.

Основний текст. Розвиток хімічної промисловості та нанотехнологій сприяв створенню нових типів герметиків з високою еластичністю, адгезією та стійкістю до агресивних чинників довкілля.

Новітні розробки: MS-гібриди нового покоління — поєднання властивостей поліуретану та силікону, без розчинників, фарбуються, придатні для “зеленого” будівництва; нанопоповнені герметики — містять наночастинки SiO_2 або TiO_2 , що підвищують міцність і хімічну стійкість; самовідновлювані склади — герметики з полімерними ланцюгами, здатними до рекомбінації після розриву; поліуреа-герметики — для промислових підлог, мають надшвидке затвердіння (до 30 хв).

Фізико-механічні характеристики герметиків:

Модуль пружності:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

де

E — модуль пружності (МПа),

σ — напруження при розтягненні (МПа),

ϵ — відносне подовження (долі одиниці).

Адгезійна міцність:

$$Ra = \frac{F_{\max}}{A}$$

де

$F_{\max}$ — максимальне зусилля відриву (Н),

A — площа контакту (м^2).

Класифікація сучасних герметиків

Тип герметика	Хімічна основа	Основні властивості	Сфера застосування
Силіконові	Полісилоксани	Висока еластичність, УФ-стійкість, водонепроникність	Фасади, склопакети, санвузли
Поліуретанові	Поліуретан	Сильна адгезія до бетону, металу, дерева	Деформаційні шви, промислові підлоги
MS-полімерні (гібридні)	Силікон + поліуретан	Без ізоціанатів, фарбуються, висока еластичність	Фасадні, покрівельні, підлогові зони
Акрилові	Водна дисперсія поліакрилатів	Можуть фарбуватись, екологічні	Внутрішні роботи, малорухомі шви
Бутилові	Бутадієн-ізопреновий каучук	Добра водостійкість, адгезія	Покрівлі, вентиляційні системи
Полісульфідні	Полісульфіди	Хімічна стійкість, довговічність	Промислові та гідротехнічні об'єкти

Основними вимогами до герметиків є висока адгезія до бетону, скла, металу, полімерів; еластичність не менше 25 – 50 %; водо-, морозо- та УФ-стійкість; низька усадка при твердінні (< 5 %); екологічність – низький вміст летких органічних сполук (VOC < 60 г/л); термін служби – не менше 10 – 25 років залежно від умов експлуатації.

Економічна та екологічна ефективність полягає у герметизації стиків, що зменшує тепловтрати на 10 – 15 %. Сучасні герметики відповідають нормам EN 15651, ISO 11600, LEED. Використання безрозчинникових систем зменшує шкідливі викиди до атмосфери.

Широкого застосування набули силіконові або MS-полімерні герметики у фасадних стиках будівель; поліуретанові та бутилові в покрівельних стиках; нейтральні силіконові в скляних конструкціях; силіконові з антисептичними добавками в санітарних зонах; поліуретанові та поліуреа-герметики в промислових підлогах.

При застосуванні сучасних герметиків необхідно дотримуватись практичних рекомендацій, щодо нанесення: поверхні мають бути чистими, сухими, знежиреними; при необхідності використовують праймер для покращення адгезії; температура нанесення: від +5 °C до +35 °C; глибину шва рекомендується обмежувати шнуром-ущільнювачем; для фасадів — герметики з УФ-фільтрами та підвищеною еластичністю.

Висновки. Герметики – обов’язковий елемент сучасних будівельних систем. Їх правильний вибір визначає довговічність, енергоефективність і безпечність споруд. Найперспективніші – MS-гібридні та наномодифіковані матеріали. В майбутньому розвиток піде шляхом самовідновлюваних і біостійких герметиків.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та герметизація будівель».
2. EN 15651-1:2022 — Building Sealants. Performance Requirements.
3. Sika AG. Sealants Technology Manual, Zurich, 2023.
4. Modern Building Envelope. Advances in Building Sealants, 2024.

УДК 624.01

ФІЗИЧНЕ І МОРАЛЬНЕ ЗНОШЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

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

Вступ. Фізичне та моральне зношення – це неминучі процеси, що впливають на довговічність будівель. Правильне технічне обслуговування та модернізація дозволяють продовжити термін служби будівлі та зберегти її функціональність. Вчасна оцінка стану будівель, їх модернізація або реконструкція дозволяють уникнути аварійних ситуацій, покращити умови проживання та зменшити витрати на експлуатацію.

Основний текст. Проблеми зношення будівель пов’язана з безпекою, економічною ефективністю та комфортом життя. Зношення будівель — це поступове погіршення їхніх експлуатаційних характеристик під впливом часу, навантажень і зовнішніх факторів. Розрізняють два основні види зношення - фізичне (погіршення технічного стану конструкцій і матеріалів) і моральне (втрата актуальності будівлі через застарілість функціональних чи естетичних характеристик).

Фізичне зношення проявляється в поступовому руйнуванні конструкцій, зниженні їхньої міцності та експлуатаційних характеристик. Природними факторами фізичного зношення є атмосферні опади, мороз, ультрафіолетове випромінювання та температурні коливання, корозія матеріалів. Експлуатаційними факторами фізичного зношення є навантаження на конструкції, вплив вібрацій і механічних пошкоджень, недостатній догляд та несвоєчасний ремонт.

Ознаками фізичного зношення є наявність тріщин в стінах та фундаментах, ослаблення кріплень і корозія металевих елементів, зношення покрівлі та теплоізоляції.

Фізичне зношення визначають у відсотках (%) на основі технічного обстеження будівлі. Якщо зношення перевищує 60–70%, будівля потребує капітального ремонту або реконструкції. Фізичне зношення визначається у відсотках (%) та залежить від ступеня погіршення конструкцій будівлі.

Основна формула розрахунку фізичного зношення:

$$Зф = TнT \times 100\%$$

де:

Зф – фізичне зношення будівлі, %;

T – фактичний вік будівлі, років;

Tн – нормативний термін служби будівлі, років.

Якщо враховується фізичне зношення окремих частин будівлі, застосовується формула:

$$Зф = \sum (Зі \times Wі)$$

де:

Зі – ступінь зношення і -го елемента, %;

Wі – вага (коефіцієнт значущості) цього елемента в загальній структурі будівлі.

Моральне зношення означає, що будівля перестала відповідати сучасним вимогам, навіть якщо вона збережена в хорошому фізичному стані. Моральне зношення враховує втрату і актуальності будівлі через зміни технологій, стандартів або дизайну. Розрізняють чотири основні види морального зношення – функціональне (невідповідність сучасним потребам); технічне (використання застарілих технологій та матеріалів, які не відповідають сучасним стандартам); економічне (втрата рентабельності експлуатації будівлі через високі витрати на обслуговування); естетичне (моральне старіння архітектурного вигляду, невідповідність сучасним тенденціям). Методи усунення морального зношення, це реконструкція або модернізація будівлі, заміна застарілих комунікацій і технологій, перепрофілювання будівлі під інші функції.

Формула морального зношення:

$$Зм = (1 - ЦнЦф) \times 100\%$$

де:

Зм – моральне зношення, %;

Цф – фактична вартість будівлі (або її орендна плата);

Цн – нова вартість аналогічної сучасної будівлі.

Способами зменшення зношення слугує регулярне технічне обслуговування та ремонт, використання якісних будівельних матеріалів, застосування сучасних технологій будівництва та енергоефективних рішень, гнучкість у плануванні та можливість модернізації будівель.

Якщо необхідно визначити загальний рівень зношення будівлі, враховують як фізичне, так і моральне зношення:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{ф}} + Z_{\text{м}} - (Z_{\text{ф}} \times Z_{\text{м}} / 100)$$

Проблема зношення будівель є актуальною з кількох причин: старіння житлового та промислового фонду(в Україні та багатьох країнах світу велика частина будівель була зведена в середині ХХ століття, багато будівель перебувають у критичному стані через фізичне зношення); зростання витрат на експлуатацію старих будівель (застарілі конструкції та комунікації призводять до збільшення витрат на опалення, електроенергію та ремонти; економічне зношення будівель робить їх утримання нерентабельним); потреба у модернізації та енергоефективності (багато старих будівель не відповідають сучасним нормам енергоефективності, впровадження новітніх технологій (утеплення, сучасні системи вентиляції, "розумні" будівлі) допомагає зменшити витрати та підвищити комфорт); безпека та ризики аварійності (зношені будівлі можуть становити небезпеку для мешканців та навколишнього середовища, аварії через обвалення конструкцій, вихід з ладу комунікацій або пожежі через стару електропроводку є реальними загрозами); урбаністичні зміни та адаптація до сучасних потреб (міста змінюються, і старі будівлі часто не відповідають сучасним вимогам до комфорту, функціональності та дизайну, необхідність реконструкції або знесення старих будівель для розвитку міської інфраструктури). За допомогою формул можна оцінити стан будівлі, спрогнозувати необхідність ремонту чи реконструкції та прийняти економічно обґрунтовані рішення.

Фізичне та моральне зношення будівель – неминучий процес, який відбувається під впливом природних, технічних і соціально-економічних факторів, яке проявляється у руйнуванні конструкцій, втраті міцності та експлуатаційних характеристик. Його можна сповільнити шляхом регулярного технічного обслуговування, ремонту та використання якісних матеріалів. Моральне зношення означає втрату актуальності будівлі через застарілість її функціональних, технічних чи естетичних характеристик. Основними методами боротьби є модернізація, реконструкція або зміна функціонального призначення будівлі.

Висновки. Несвоєчасна реконструкція чи ремонт можуть призвести до аварійних ситуацій, значних економічних витрат або навіть необхідності знесення будівлі. Впровадження сучасних будівельних технологій та енергоефективних рішень дозволяє збільшити термін експлуатації будівель, знизити витрати на їх утримання та покращити комфорт для мешканців.

Для забезпечення безпеки, економічної ефективності та довговічності будівель необхідно здійснювати постійний моніторинг їхнього стану, планові ремонти та модернізацію. Це сприятиме покращенню житлових умов, збереженню архітектурної спадщини та раціональному використанню міського простору.

Список літератури

1. ДБН В.3.2-2-2009. Житлові будинки. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
3. Ковальчук О.В. Дослідження фізичного зношення будівель та методи його оцінки // Вісник будівельної науки України. – 2020. – №1. – С. 25–32.
4. Сухоруков В.А. Реконструкція та модернізація будівель і споруд. – Київ: Ліра-К, 2015. – 320 с.

УДК 624.01

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ІІІ ТИСЯЧОЛІТТЯ

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

Вступ. Початок третього тисячоліття ознаменував собою стрімкий розвиток будівельних технологій, який сформував нове покоління конструкцій: інтелектуальних, енергоефективних, високоміцних і адаптивних. Ці конструкції поєднують інженерну традицію, цифрові інновації, нанотехнології та екологічну орієнтацію [1-5].

Основний текст.

Ключові риси конструкцій ІІІ тисячоліття: інтелектуальність та самодіагностика. Сучасні конструкції здатні: моніторити власний стан у реальному часі (датчики деформацій, вологості, вібрацій, температури); попереджати про небезпечні зміни; адаптуватися до навантажень через активні системи контролю є використання нових матеріалів. До новітніх матеріалів належать: високоміцні бетони класу С90/105 і вище; самоущільнювальні та

самовідновні бетони (self-healing); композитна арматура на базі вуглецевих та базальтових волокон; ультралегкі металеві піни; графенові та наноструктурні матеріали.

Енергоефективність і стійкість до кліматичних змін.

Будівлі проєктуються для: мінімізації тепловтрат; зниження споживання енергії; стійкості до екстремальних погодних умов (урагани, повені, землетруси).

Довговічність та ремонтпридатність.

Конструкції нового покоління мають збільшений термін служби (100–150 років), завдяки: антикорозійним рішенням; спеціальним покриттям; використанню композитів, що не піддаються корозії; системам «розумного» обслуговування.

Типи будівельних конструкцій III тисячоліття (рис.1,2):

а) Композитно-металеві та композитно-бетонні системи:

- трубобетонні колони нового покоління (CFST 2.0);
- сталеві каркаси з вуглецевими підсилювальними елементами;
- легкі високоміцні модулі для швидкого монтажу.



Рис.1. Будівля на антарктичному айсбергу

(<https://pobudovano.com.ua/news/9-budivel-maybutnogo-prigolomshlivi-foto>)

б) Висотні конструкції (супервисокі та надвисокі будівлі):

- каркаси, здатні протистояти вітровим та сейсмічним навантаженням 21 століття;
- аеродинамічно оптимізовані форми;
- аутригери, мегаколони, активні системи демпфування.



Рис.2. Можлива будівля майбутнього
(<https://depositphotos.com/ua/photos>)

в) Інфраструктурні конструкції:

- мости з поперечно-напружених композитно-бетонних прогонових будов;
- транспортні естакади з ресурсом 150 – 200 років;
- параметричні тунельні конструкції, створені за допомогою цифрових алгоритмів.

г) 3D-будівництво:

- 3D-друк бетонних та полімерних конструкцій з можливістю;
- зведення житла за години або дні;
- формування складних геометрій без опалубки;
- зменшення вартості та впливу на довкілля.

Цифровізація будівництва.

BIM–BAM–BAS технології і новий рівень проєктування:

- BIM – інформаційне моделювання будівель;
- BAM – управління будівництвом у цифровому середовищі;
- BAS – експлуатація та автоматизація споруди.

Параметричне та генеративне проєктування, де алгоритми формують:

- мінімально матеріалоємні форми;
- оптимальне армування;
- конструкції з природними (біонічними) формами.

Екологічність і «зелена» архітектура.

Використання вторинних матеріалів, конструкції з низьким «вуглецевим слідом», сонячні фасади, «дихаючі» оболонки, озеленені покрівлі, пасивні будівлі з нульовим енергоспоживанням (Net Zero Energy).

Тренди, що формують конструкції майбутнього.

Максимальна міцність при мінімальній масі (Ultra-High Performance), самовідновлення та автономне обслуговування, друковані та модульні будівлі, адаптивні системи, що реагують на навантаження, повністю цифровий цикл життєвого ресурсу, взаємодія з відновлюваною енергетикою, біоіонічні та органічні форми конструкцій.

Висновки. Будівельні конструкції III тисячоліття – це синтез інженерії, матеріалознавства, цифрових технологій та екологічної відповідальності. Вони забезпечують: довговічність, безпеку, адаптивність, інтеграцію з інтелектуальними системами, мінімальний вплив на довкілля. Це покоління конструкцій визначає нову парадигму будівництва – ефективного, надійного, цифрового й сталого.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012. Настанова з проєктування конструкцій із композитних матеріалів. – Київ: Мінрегіон України, 2012.
3. Aïtcin P.-C. High-Performance Concrete. – 2nd ed. – London: Taylor & Francis, 2013. – 288 p.
4. Kolarevic B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing. – London: Routledge, 2015. – 320 p.
5. Kibert C. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. – 5th ed. – Hoboken: Wiley, 2022. – 928 p.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАРБОНІЗАЦІЇ БЕТОНУ НА СТУПЕНЬ КОРОЗІЙНОГО ЗНОСУ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД

Чеканович М.Г., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Строк служби критично важливих споруд класу СС 3 значно впливає не енергетичну безпеку, економічну ефективність інфраструктури країни. Серед таких споруд залізобетонні греблі з автопроїздом поверху. Складні умови експлуатації сприяють процесу карбонізації, вилуговуванню бетону. Вплив карбонізації бетону на ступінь корозійного зносу арматури залізобетонних споруд з плином часу може визначати їх ватажопідйомність [1-4]. Оцінка такого впливу представляється актуальною проблемою експлуатації.

Основний текст. Для оцінки ступеню карбонізації бетону виконували розкриття бетону залізобетонних конструкцій споруди греблі з автопроїздом поверху Київської гідроелектростанції на Дніпрі в 20 місцях[1,2]. Розкриття бетону здійснювали шляхом вибурювання керну, сколювання окремих ділянок залізобетонних конструкцій вручну. В місцях свіжих сколів наносився хімічний реагент – однопроцентний спиртовий розчин фенолфталеїну. За збереженням або зміною кольору бетону в результаті хімічної взаємодії оцінювалася глибина карбонізації бетону в залізобетонних конструкціях.

Результати визначення глибини карбонізації бетону та визначення корозійного зносу арматури (рис.1) представлені у вигляді нижче наведеної таблиці.



Рис. 1. Розкриття бетону балки Б-1н на опорі №0 зі сторони нижнього б'єфу
Корозія арматурної сталі на глибину до 1 мм по поверхні. Глибина карбонізації
бетону до 10 мм. Засмічення опорних частин

Таблиця результатів експериментальних даних

№	Місце розташування плит проїзної частини	Глибина карбонізації	Результати розкриття арматури	Примітки
1	Опорна ділянка балки Б-1-1 на опорі №0	Глибина карбонізації бетону до 10 мм.	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 13 %.	Внаслідок карбонізації підвищена проникність бетону, що призвело до корозії арматури, збільшення її об'єму продуктами корозії, утворенню тріщин вздовж арматури у бетоні, відшаруванню захисного шару. (рис.1).
2	Балка Б-2-1 біля опори №2 прогону 1-2, низ ребра	Глибина карбонізації – 20 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1,75 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 23 %.	Внаслідок карбонізації підвищена проникність бетону, що призвело до корозії арматури, збільшення її об'єму продуктами корозії, утворенню тріщин вздовж арматури у бетоні, відшаруванню захисного шару.

3	Балка Б-2-3 біля опори №1 прогону 1-2, низ ребра	Глибина карбонізації до 16 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 13 %.	Внаслідок карбонізації підвищена проникність бетону, що призвело до корозії арматури, збільшення її об'єму продуктами корозії, утворенню тріщин вздовж арматури у бетоні, відшаруванню захисного шару.
4	Балка Б-9-3 біля опори №9 прогону 8-9, низ ребра	Глибина карбонізації граней до 8 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1,5 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 20 %.	Карбонізація сприяє проникності та корозії арматури.
5	Балка Б-2-4 біля опори №1 прогону 1-2, низ ребра	Глибина карбонізації граней до 15 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 13 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури.
6	Балка Б-10-4 біля опори №9 прогону 9-10, низ ребра	Глибина карбонізації граней до 18 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 13 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури

7	Балка Б-3-2 біля опори №3 прогону 2-3, низ ребра	Глибина карбонізації граней до 13 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1,5 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 20 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури.
8	Балка Б-3-3 біля опори №3 прогону 2-3, низ ребра	Глибина карбонізації на глибину розкриття до 30 мм.	Захисний шар бетону – 20 мм. Втрата площі перерізу до 70 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури.
9	Балка Б-4-1 біля опори №4 прогону 3-4, низ ребра	Глибина карбонізації на глибину розкриття до 22 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1,5 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 20 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури.
10	Балка Б-4-2 біля опори №3 прогону 3-4, низ ребра	Глибина карбонізації на глибину розкриття до 10 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної сталі на глибину до 1,5 мм по поверхні. Втрата площі перерізу до 20 %.	Карбонізація сприяє проникності і корозії арматури.
11	Балка Б-4-3 біля опори №4 прогону 3-4, низ ребра	Глибина карбонізації на глибину розкриття до 3 мм	Захисний шар бетону – 20 мм. Корозія арматурної відсутня. Втрати площі перерізу немає.	Шар карбонізації менший товщини захисного шару бетону. Корозія арматури не спостерігається в місці розкриття.

Дані визначення карбонізації бетону і корозії арматурної сталі свідчать про зв'язок між цими двома процесами. Карбонізація бетону призводить до його проникності для вологи. Волога викликає корозійні процеси у сталі. В результаті збільшення об'єму арматурної сталі через утворення продуктів корозії виникає тиск на захисний шар бетону і його руйнування. Що може в подальшому призвести до зниження несної здатності споруди.

Висновки.

За результатами визначення глибини карбонізації бетону конструкцій моста по спорудам ГЕС підтверджено, що на глибину карбонізації впливає вік бетону, його якість і умови експлуатації, а глибина карбонізації впливає на корозійний стан сталевих арматур. Внаслідок карбонізації була підвищена проникність бетону, що призвело до корозії арматури, збільшення її об'єму, утворенню тріщин. Шар карбонізованого бетону балок переважно до 20 мм, а бетону тіла опори – 40 мм. Корозійного ураження робочої попередньо напруженої арматури не встановлено, його вплив обмежується лише зниженням довговічності конструкцій.

Список використаних джерел

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»
2. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.
3. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкцій. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>
4. Reinforced concrete structures with during-tensioning on the concrete mix: монографія / Мечислав Чеканович: Херсонський державний аграрно-економічний університет. – Одеса: Олді +, 2024.-146 с. https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=-gZBVZMAAAAJ&citation_for_view=-gZBVZMAAAAJ:fPk4N6BV_jEC

УДК 624.01

ПАРАМЕТРИЧНА ТОЧКА – НОВИЙ КРИТЕРІЙ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

Чеканович М.Г., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Важливу роль у розрахунках залізобетонних конструкцій відіграє математичне відтворення діаграми деформування бетону . Серед численних

варіантів аналітичного подання діаграми “напруження–деформація” одним із найточніших математичних описів вважається залежність на основі степеневого полінома. Як зазначається більшістю дослідників і підтверджується результатами власних експериментальних досліджень автора, така функціональна форма з високим ступенем точності описує поведінку бетону під дією зовнішнього навантаження, відображаючи як еластичну, так і нееластичну стадії його роботи [1, 2].

Основний текст. Добуток січного модуля пружності - E_c та коефіцієнта поліному - a_1 характеризує миттєвий (початковий) модуль пружності бетону. У цьому випадку нормативне значення модуля пружності може бути визначене за таким виразом:

$$E = kE_c a_1 \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, який відображає співвідношення між миттєвим модулем пружності та нормативним (початковим) модулем пружності бетону. Він враховує вплив швидкості прикладання навантаження на пружну реакцію матеріалу. Для більшості інженерних розрахунків його значення можна приймати $k = 1$.

Тоді перший коефіцієнт полінома у першому наближенні визначається за виразом:

$$a_1 = \frac{E}{E_c} \quad (2)$$

Напруження в бетоні умовно можна подати як суму двох складових – пружної та пластичної:

$$\sigma = \sigma_{el} + \sigma_p \quad (3)$$

де пластична складова визначається виразом:

$$\sigma_p = E_c \sum_{i=2}^5 a_i \frac{\varepsilon^i}{\varepsilon_{bR}^{i-1}} \quad (4)$$

і потребує детального аналізу, оскільки саме вона характеризує незворотні зміни в структурі матеріалу.

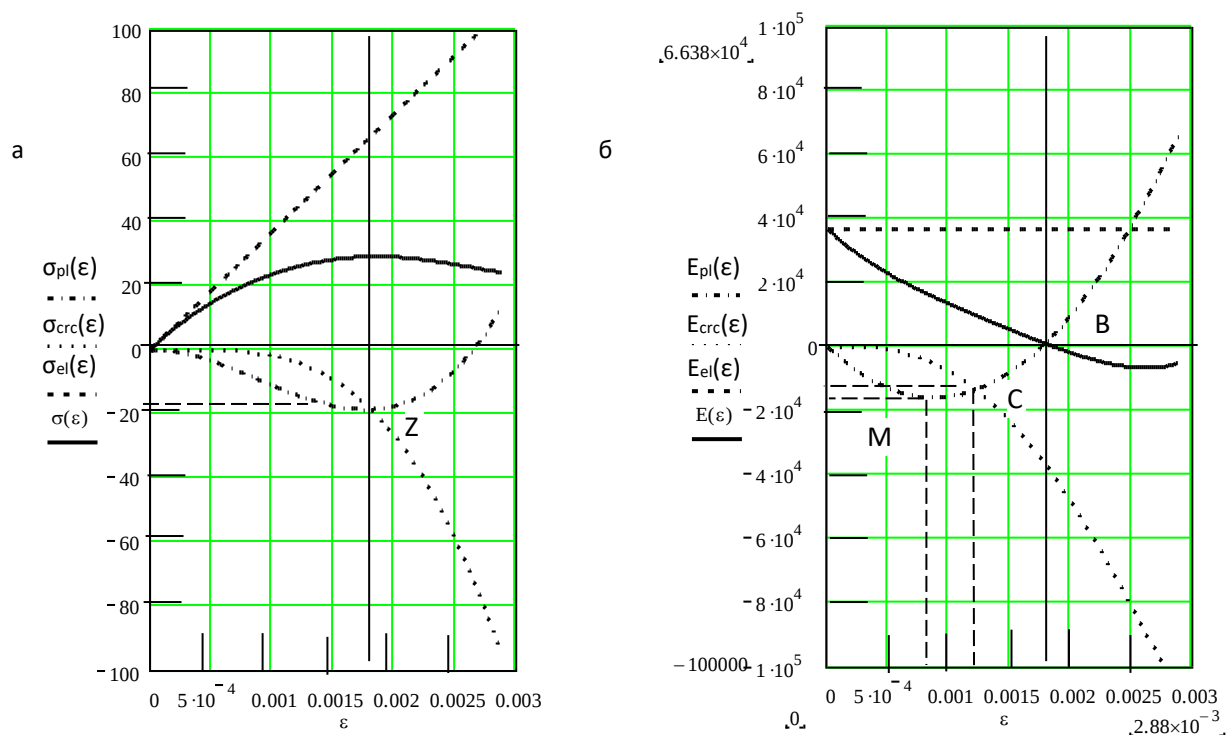


Рис. 1. Діаграми: а – напружень і б – модуля деформації для бетону

Для прикладу розглянемо бетон класу С32/40. На рис. 1 наведено повну діаграму деформування “напруження–деформації” при стиску, а на рис. 2 подано окремі залежності, що відображають внесок пружних та пластичних деформацій у загальну поведінку матеріалу.

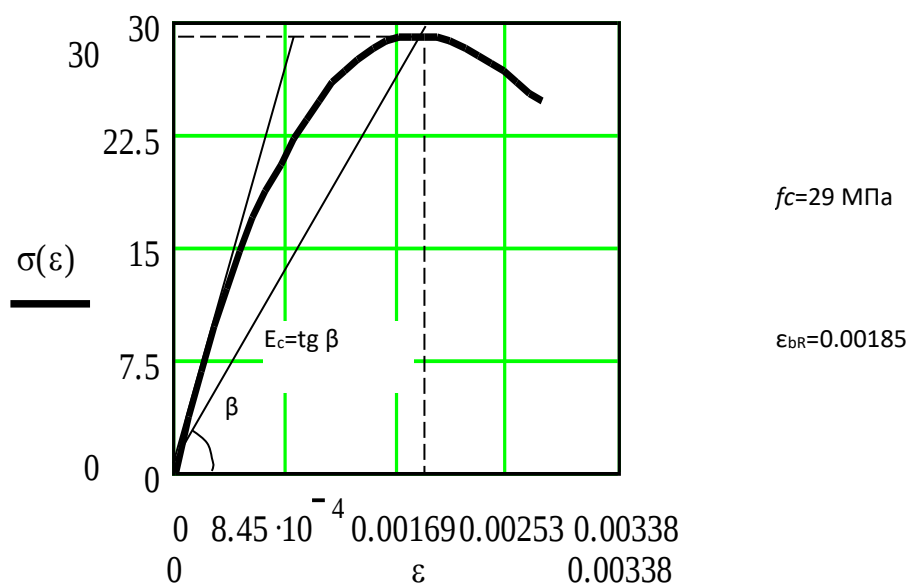


Рис. 2. Діаграма “напруження – деформації” стиску бетону

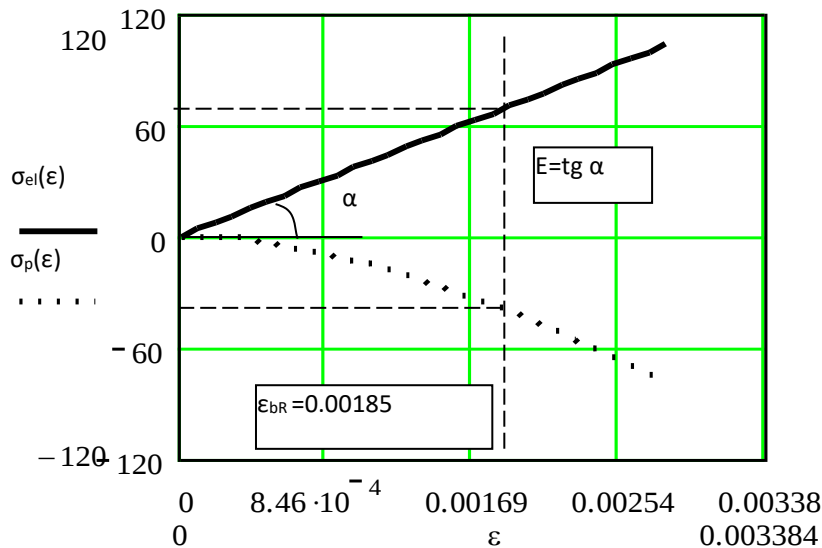


Рис. 3. Діаграми “напруження – деформації” складових $\sigma_{el}(\epsilon)$ і $\sigma_{pl}(\epsilon)$

У момент навантаження, наближений до призової міцності бетону, у матеріалі розвиваються інтенсивні процеси тріщиноутворення, що призводить до порушення внутрішніх зв'язків між структурними елементами. Унаслідок цього напружений стан бетону стає вкрай неоднорідним.

На цій стадії пластичні деформації, пов'язані з повзучістю, практично вичерпуються, а в окремих ділянках об'єму відбувається зниження напружень і проявляються зворотні процеси розвантаження та пластичної післядії.

Одночасно посилюється гальмування розвитку тріщин, що супроводжується зростанням внутрішнього тертя, яке створює додатковий опір деформації бетону.

Крива опору $\sigma_{pl} = f(\epsilon)$, згідно з формулою (5), досягає мінімального значення, після чого спостерігається її поступове зростання (рис. 4). У той самий час процес розвитку тріщин (див. залежність $\sigma_{crc} = f(\epsilon)$ на рис. 4) інтенсифікується. Межа міцності бетону f_b досягається в точці перетину зазначених функцій, яка позначається як параметрична точка Z і характеризується умовою:

$$\sigma_{pl} = \sigma_{crc} = \sigma_z \quad (5)$$

Визначимо значення напруження σ_z . Для бетонів класів від C12/15 до C40/50 величина відносних деформацій приймається як $\epsilon = \epsilon_{br}$ з допустимим відхиленням не більше 5 %.

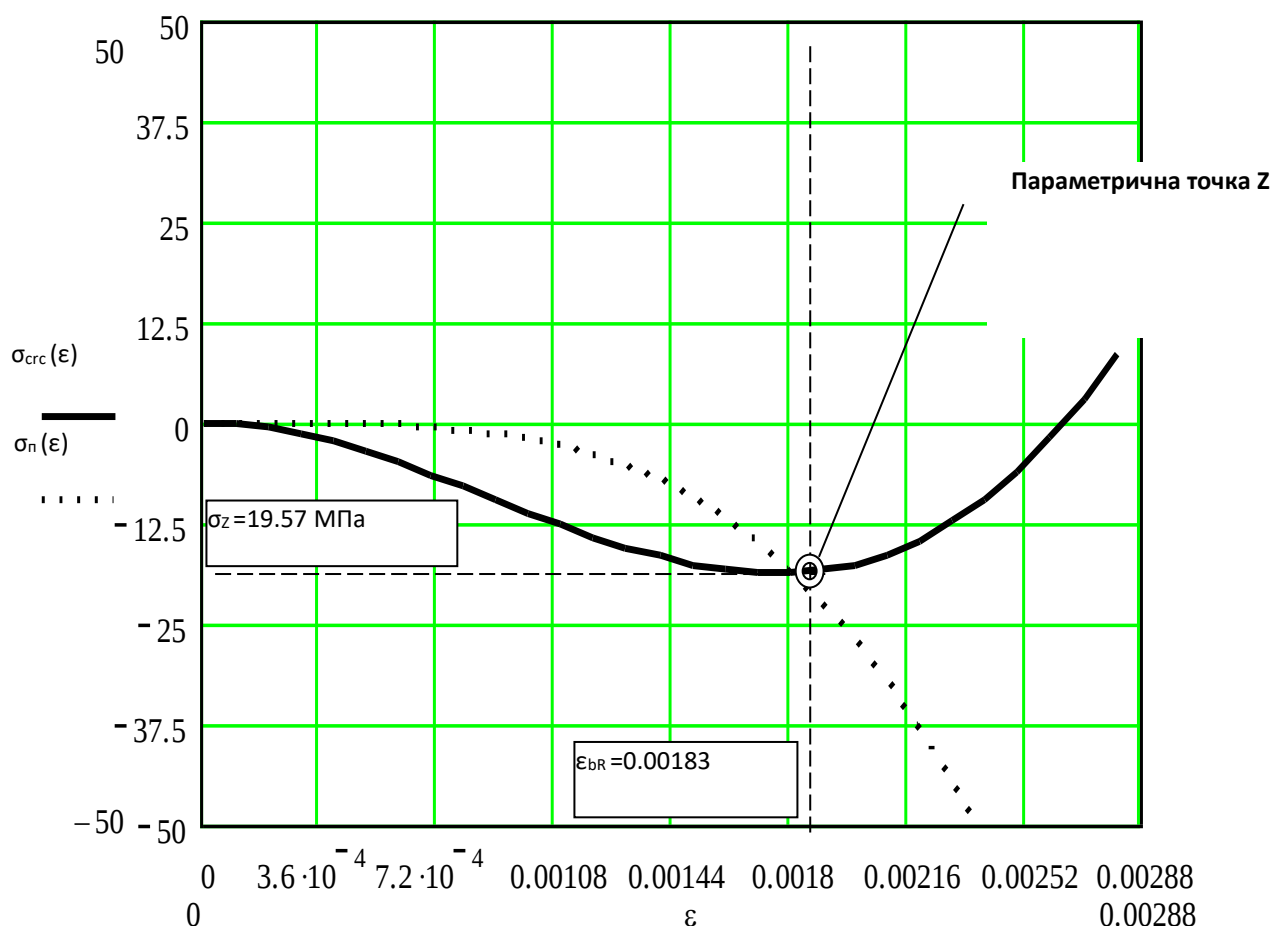


Рис. 4. Залежності $\sigma_{crc}(\epsilon)$ і $\sigma_n(\epsilon)$, що характеризують пластичні складові напружень, та положення параметричної точки Z

Висновки. Таким чином, на основі моделі трьох складових напружень отримано обґрунтовану фізико-механічну інтерпретацію напружено-деформованого стану бетону при стиску, яка пояснює сутність процесів, що відтворюються степеневим поліномом п'ятого порядку.

У результаті аналізу визначено параметричну точку, що відповідає межі міцності бетону при стиску. Ця точка не залежить від пружних деформацій і визначається переважно пластичними та псевдопластичними процесами, які розвиваються в структурі бетону.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.
2. Reinforced concrete structures with during-tensioning on the concrete mix: монографія / Мечислав Чеканович: Херсонський державний аграрно-економічний університет. – Одеса: Олді +, 2024.-146 с.

ФОТОФІКСАЦІЯ РУЙНУВАНЬ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ ЦЕГЛЯНИХ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ПОЗАПРОЄКТНИХ ВПЛИВІВ

Табаркевич О.О., молодший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Київський авіаційний інститут

Гасенко А.В., д.т.н., доцент, Кудлай А.О., аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Вступ. Унаслідок позапроектних впливів на будівлі чи споруди, що виникають у мирний час (вибухи газу чи вибухових елементів, землетруси, паводки та ін.) або під час воєнних дій (вплив вибухової хвилі, попадання засобів ураження (наприклад, осколків, що рухаються на великій швидкості), термічний вплив, вібрації тощо), будівельні конструкції пошкоджуються та потребують комплексного ремонту або заміни [1]. У разі комплексного ремонту необхідно відновити як фізико-механічні показники, так і геометричні параметри конструкцій з подальшим їх підсиленням.

Обстеження та оцінка технічного стану будівельних об'єктів мають визначити можливості відновлення будівель і споруд, масштабів їх пошкодження, визначити перелік робіт з ремонту, відновлення або підсилення конструкцій, а також, за потреби, – демонтаж. Тому невідкладне проведення обстеження пошкоджених будівель і споруд дозволяє приймати обґрунтовані рішення, які дозволять розпочати відновлювальні роботи.

Метою роботи є визначення найбільш ефективних методів відновлення пошкоджених збірних залізобетонних перекриттів, враховуючи поточний технічний стан конструкції та висновки щодо їх експлуатаційної придатності.

Основна частина. Використовуючи матеріали «Звіту про виконання детального обстеження житлового будинку, який пошкоджено внаслідок військових дій», що був виконаний ДП Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій ДП «НДІБК» у 2022 році, аналізується характер впливу воєнних дій на будівлю в цілому та її окремі конструктивні елементи, особливо на збірні залізобетонні перекриття. Розглядається випадок прямого багаторазового влучання артилерійських снарядів в будівлю, при якому відбувається часткове руйнування несучих конструкцій і пошкодження (або руйнування) пов'язаних з ними елементів перекриття.

За конструктивною схемою будівля відноситься до безкаркасних споруд, з цегляними несучими поздовжніми та поперечними несучими стінами. Геометрична незмінність та просторова жорсткість забезпечується сумісною роботою несучих стін будівлі та горизонтальних дисків залізобетонних перекриттів. У будівлі розташовано 65 квартир.

Роботи з обстеження будинку виконувались у серпні 2022 року. При огляді зовнішніх фасадних стін та внутрішніх приміщень виявлений ряд

характерних дефектів та пошкоджень конструкцій будинку, які виникли внаслідок обстрілу при бойових діях.

Були виявлені численні пошкодження збірних залізобетонних перекриттів. Дані пошкодження виникли внаслідок механічних позапроектних впливів, що були спричинені влучанням артилерійських снарядів безпосередньо в конструкцію перекриття або в несучі конструкції стін, після чого енергія від удару була передана від стіни до перекриття. Виявлені повні руйнування пустотних панелей перекриття, тріщини на стику плит перекриття, розтріскування оздоблювального шару, наскрізні отвори у пустотних панелях перекриття, руйнування захисного шару бетону з оголенням та корозією арматури, тріщини та прогини в місцях примикання плит, тріщини в шві між плитами перекриття (див. фото 1).



Фото 1 (а-е). Виявлені пошкодження збірних залізобетонних перекриттів

Частина перекриттів зазнала температурних деформацій, які виникли внаслідок пожежі, спричиненої влучанням артилерійських снарядів. Виявлені розтріскування опоряджувального шару та кіптява (див. фото 2).



Фото 2 (а-б). Розтріскування оздоблювального шару та кіптява на конструкції перекриття

В рамках обстеження житлового будинку були виконані інженерно-геодезичні вимірювання деформованого стану перекриттів за методом нівелювання по умовній горизонтальній площині. Метод базується на припущенні, що на момент зведення будівлі перекриття перебували у відповідній проектній горизонтальній площині з відхиленнями, що не перевищують монтажних допусків. Відстань конструкції до умовної горизонтальної площини, що проходить через найвищу однотипну точку елементу, може розглядатися як наслідок деформування. Для визначення вертикальних переміщень плит перекриття будівлі безпосередньо на них були встановлені деформаційні марки. Усього на перекриттях будівлі (поверхи 6-8, 10-14) встановлено 100 деформаційних марок та 3 репери для спостережень за прогинами залізобетонних плит перекриття.

За результатами геометричних нівелювань в плиті перекриття на 7 поверсі зафіксоване недопустиме відхилення -49 мм. На даній ділянці були зафіксовані пошкодження та руйнування міжкімнатних перегородок, руйнування цегляної кладки в місці з'єднання несучих стін, наскрізний отвір в несучій стіні, що утворився внаслідок прямого влучання артилерійського снаряду, інші пошкодження міжкімнатних перегородок з їх відхиленням по вертикалі. Прямого влучання артилерійських снарядів в перекриття або наслідків пожежі зафіксовано не було. Решта плит, які вимірювалися, знаходяться в межах допустимих відхилень.

За результатами обстеження згідно ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану» [2], технічний стан конструкції оцінено як аварійний – категорія «4», що означає, що порушені вимоги першої групи граничних станів (або неможливо запобігти цим порушенням), і аналіз дефектів та пошкоджень з перевірними розрахунками показує неможливість гарантувати цілісність конструкції до проведення її ремонту, підсилення або заміни (особливо, якщо можливий

«крихкий» характер руйнування), або остаточно втрачена можливість нормальної реалізації захисних функцій конструкції.

Висновки. При прямому влучанні збірні залізобетонні перекриття піддаються значним руйнуванням та виходять за граничні стани першої групи, переходячи до категорії аварійних (стан 4). При влучанні у несучі стіни або перегородки, які знаходяться у безпосередній близькості до перекриття або які несуть дане перекриття, збірні залізобетонні перекриття можуть виходити за граничні стани другої групи, переходячи до категорії аварійних (стан 4) або не придатних до нормальної експлуатації (стан 3).

Постала гостра потреба в розробці нових методів ремонту пошкоджених позапроектними впливами об'єктів. Розроблені або досліджені технології мають бути економічно обґрунтованими та реалізовуватись з мінімальними втратами часу. Важливо застосовувати рішення, які забезпечать необхідну міцність і стійкість відновлених будівельних конструкцій, в тому числі і збірних залізобетонних перекриттів.

На сьогоднішній день наявна значна кількість тематичних публікацій по ремонту пошкоджених позапроектними впливами об'єктів в цілому, але збірним залізобетонним перекриттям приділяється недостатня увага, враховуючи важливість та клас відповідальності даних конструкцій [3-5].

Серед ефективних методів відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених конструкцій збірних залізобетонних перекриттів є створення нерозрізних багатопролітних конструкції [6], які можуть виготовлятися як при новому будівництві, так і під час реконструкції будівель чи споруд. Вони добре зарекомендували себе за рахунок високої технологічності влаштування та значної експлуатаційної несучої здатності як в цивільному, так і в промисловому будівництві та є найбільш стійкими до позапроектних впливів.

Список використаних джерел

1. Руйнування в Україні. URL: <https://destruction.in.ua/ua>.
2. ДСТУ 9273:2024. (2024). Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ: ДП "УкрНДНЦ".
3. Табаркевич, О., Сергійчук, В., Табаркевич, Н. (2023). Відновлення Пошкоджених обстрілами житлових будинків Чернігівщини. Наука та будівництво. 37(3). URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-7>.
4. Молодід, О.С. (2025). Методи відновлення будівельних конструкцій, пошкоджених унаслідок позапроектних впливів: монографія. Київ: видавництво Ліра-К. 156 с.
5. Григоровський, А.П. (2022). Порівняльний аналіз та вибір варіанту організаційно-технологічних рішень процесу ліквідації наслідків аварійних руйнувань. Будівельне виробництво, 74, 17–24.
6. Гасенко, А.В. (2022). Огляд методів створення попередніх самонапружень у згинаних просторових сталезалізобетонних конструкціях. Зб. наук. пр. НУВГП: Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, 41, 110-118. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i41.12>.

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ВИСОТНИХ СПОРУД

Дмитрієв І.М., Карпушин С.О.,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Пантелесенко В.І., Червоноштан А.Л.,

*Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська
державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпро*

Вступ. Підвищена чутливість висотних будівель до виникнення кренів, при умові сприйняття ґрунтовою основою величезних навантажень від ваги надземних конструкцій, створює свої особливості для розрахунку і конструювання фундаментів висотних будівель, котрі недостатньо вивчені і потребують додаткових досліджень.

Основний текст. Відповідно до ДБН В.2.2'24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків» [1] основною метою геотехнічного моніторингу є «забезпечення безпеки будівництва та експлуатаційної надійності об'єктів, що будуються, і споруд навколишньої забудови та збереження екологічного середовища».

У процесі проведення складних геотехнічних робіт важливим завданням геотехнічного моніторингу є попередження та усунення негативних процесів, які можуть виникнути на об'єкті. При правильному виборі основних факторів, що призводять до таких процесів, а також при встановленні належного числа наглядових марок і свердловин, при правильно призначеної періодичності проведення циклів моніторингу, можна отримати об'єктивну картину процесів, що відбуваються на будмайданчику, та за умови комплексного розгляду і аналізу одержаної інформації мати можливість своєчасно вжити необхідних заходів для мінімізації негативних процесів.

Варто звертати особливу увагу на важливість аналізу та інтерпретації одержаних результатів. Є безліч прикладів, коли, начебто, виконується величезна кількість циклів моніторингу, проводяться спостереження за розкриттям тріщин, вимірюються осідання фундаментів існуючих будівель, проте у звітах по моніторингу міститься проста констатація фактів і не дається оцінка отриманих результатів та прогноз стану об'єкта. У цьому випадку найчастіше пропускається момент початку негативного процесу та втрачається можливість оперативного впливу на ситуацію.

У загальному випадку геотехнічний моніторинг при новому будівництві або при реконструкції, у тому числі підземному будівництві, включає:

- моніторинг спорудження, що будується;
- моніторинг навколишнього масиву ґрунту;
- моніторинг довкілля в межах зони впливу будівництва.

Контрольовані параметри при геотехнічному моніторингу основ, фундаментів і конструкцій новозведених споруд, у тому числі висотних, представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Контрольовані параметри при геотехнічному моніторингу

Параметри, що контролюються	Заново споруджувані будівлі I і II рівнів відповідальності при висоті Н, м.		
	Н<75	75≤Н<150	Н>150
	Геотехнічна категорія		
	2-3	3	3
1.Осідання фундаментів і відносна різниця осідань	+	+	+
2.Крен	+4	+	+
3.Напруження під подошвою фундаментів	-	+1	+2
4.Пошарові осідання ґрунтів основи	-	+1	+
5. Напруження в основі під п'ятою палі і в стволі палі	-	+3	+
6. Напруження в конструкціях підземної частини (фундаменти, колони, перекриття)	-	-	+
Примітка: +1 – виконується для плитних і плитно-пальових фундаментів при висоті споруди більше 100м.; +2 – виконується для плитних і плитно-пальових фундаментів; +3 – виконується при висоті споруди більше 100м; +4 – виконується для споруджень геотехнічної категорії 3.			

Виходячи з накопиченого досвіду [2], якщо будівництво відбувається у штатному режимі, то моніторинг висотного об'єкта слід здійснювати 1 раз під час зведення 4 – 5 поверхів або ж не рідше 1 разу на місяць. Після закінчення будівництва моніторинг продовжується, не рідше 1 разу на квартал, до завершення 90% процесу фільтраційної консолідації.

Зусилля в залізобетонних ростверках та фундаментних плитах вимірюються в арматурі (у розтягнутій зоні) та в бетоні (у стислій зоні) у 4-5 зонах з найбільшими зусиллями. Усього на фундамент слід встановлювати по 40-45 датчиків зусиль в арматурі та бетоні.

Осідання фундаментів висотних будівель вимірюють геодезичним способом нівелюванням 1 класом точності за допомогою геодезичних марок, встановлених з кроком 6-8 м. В даний час широке поширення знайшли автоматичні системи збору, зберігання, аналізу та обробки даних моніторингу.

За закінчення будівництва слід приймати стан об'єкта, що будується, коли зведені повністю всі конструкції будівлі - несучі, огорожувальні самонесучі, або стан, коли до фундаментів прикладено не менше 90% постійних та тимчасових (за винятком корисних) навантажень. Після завершення фільтраційної консолідації моніторинг слід виконувати в процесі всього терміну експлуатації будівлі, у перші п'ять років - 2 рази на рік, далі - 1 раз на рік. Орієнтовні терміни завершення фільтраційної консолідації на момент закінчення будівництва, що відповідають завершенню 90% осідань, можуть

бути розраховані за формулою $S_e = k \times S_t$, де k – коефіцієнт, що залежить від виду ґрунту і визначається по табл. 2.

Таблиця 2 – Коефіцієнт k в залежності від виду ґрунту в основі

№ з/п	Вид ґрунту в основі фундаменту	Орієнтовний час завершення 90% осідань після закінчення будівництва, р.	k
1	Супісок	0,5-1	0,2
2	Суглинок	1-3	0,2-0,5
3	Глина	2-5	0,5-1,0

Примітка: даною таблицею варто користуватись для визначення осідань після завершення будівництва окремо стоячих висотних будівель на переущільнених глинистих ґрунтах. У випадку будівництва висотної будівлі в складі багатофункціонального комплексу стабілізація осідання відбувається швидше, а максимальна величина осідання, що пов'язана з фільтраційною і вторинною консолідацією, знижується до 50% відносно осідання окремо стоячої висотної будівлі [3].

Дана формула отримана на основі аналізу статистичних експериментальних даних і результатів розрахунків.

У зв'язку з відсутністю достатнього досвіду будівництва висотних будівель, а також особливостями їх проектування та проведення інженерно-геологічних вишукувань до результатів геотехнічного моніторингу слід ставитися уважно. Він є частиною моніторингу всієї споруди та входить до системи моніторингу будівельних конструкцій, що забезпечує безпеку всієї будівлі під час експлуатації.

Для обґрунтування важливості моніторингу проф. Катценбах наводить такі дані. При виготовленні з/б конструкцій із бетону заводського виготовлення відбирають проби з кожного міксера, що надходить на майданчик. Для дослідження масиву ґрунту свердловини влаштовують з кроком 10 м і відбір проб здійснюють у кращому випадку через 1 м, Тобто 1 дослідження на 5м³ бетону або на 300м³ ґрунту, що у 60 разів менше обсягу тестування. При цьому бетон готується в заводських умовах, а масив ґрунту формувався мільйони років в природних умовах. Тим проф. Катценбах хотів підкреслити, що наші знання про ґрунти дискретні. На основі їх ми робимо узагальнення на весь масив ґрунту. Геомоніторинг є основою спостережного методу, відповідно до якого, поряд з розрахунковим та експериментальним методами, проектуються фундаменти висотних будівель.

Періодичність, обсяг та методи геотехнічного моніторингу мають забезпечувати отримання необхідної інформації для оцінки коректності інженерно-геологічних пошуків, розрахунків та проектних рішень, програма геотехнічного моніторингу може бути відкоригована за нештатних ситуацій.

На підставі накопиченого досвіду та власних розробок можна рекомендувати до застосування наступні датчики, прилади та обладнання.

Зусилля у палях вимірюються як в арматурі, так і в бетоні, у верхній та нижній частинах паль. Вимірювання зусиль проводять для паль з найбільшими та найменшими навантаженнями з допомогою струнних датчиків,

розташованих у арматурному каркасі, місце розташування яких визначається науково-технічним супроводом спільно з проектною організацією, але має проводитися не менше ніж для 5-7 паль.

Вимірювання тиску під підшовою ростверку або плити виконують за допомогою струнних датчиків тиску, що встановлюються під плитою у кількості 15-20 шт., які розташовуються в місцях дії найбільшого та найменшого навантажень, поблизу огорожувальної конструкції і т.п.

Пошарові деформації вимірюються у міжпальному просторі чи основі фундаменту на природній основі не менш ніж у 5 точках у плані, місце розташування яких визначається навантаженням.

Зусилля в залізобетонних ростверках та фундаментних плитах вимірюються в арматурі (у розтягнутій зоні) та в бетоні (у стислій зоні) у 4-5 зонах з найбільшими зусиллями. Усього на фундамент слід встановлювати по 40-45 датчиків зусиль в арматурі та бетоні.

Крени фундаменту можуть вимірюватися з використанням електронних рівнемірів, що встановлюються у верхній частині ростверку, у центральній частині будівлі (або на декількох поверхах (залежно від висоти будівлі) та на останньому поверсі, по одному на кожну сторону ростверку.

Осідання фундаментів висотних будівель вимірюють геодезичним способом нівелюванням 1 класом точності за допомогою геодезичних марок, встановлених з кроком 6-8 м.

В даний час широке поширення знайшли автоматичні системи збору, зберігання, аналізу та обробки даних моніторингу. Під час будівництва найвищої житлової будівлі в м. Київ — ЖК на Кловському узвозі, вперше при будівництві комплексу висотних будівель було розроблено схему розміщення обладнання та методику проведення вимірювань, яка об'єднувала аналіз та обробку різних пристроїв. Для вимірювання осідань у автоматичному режимі використовуються роботизовані тахеометри та призменні відбивачі, вимірювання за якими проводяться постійно із заданою періодичністю (кожну годину, кожні 20 хв., тощо) з максимальним охопленням вимірюваної території.

Висновок. Для виконання геотехнічного моніторингу під час будівництва висотних будівель розроблено вимоги до складу та обсягу моніторингу, а також до складу звітної документації. Запропоновано, а в деяких випадках індивідуально розроблено обладнання, що дозволяє отримати необхідну інформацію для перевірки правильності проектних рішень, технології виконання робіт та якості застосованих будівельних матеріалів.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2'24:2009 Проектування висотних житлових і громадських будинків, 2009, Київ.
2. О.М. Галінський, А.А. Франівський, Т.В. Рунов. Нормативна база з висотного будівництва в Україні та напрями її вдосконалення. Нові технології в будівництві №2(20) 2010. С.3 – 10.
3. Xiangfu, C. Settlement Calculation on High-Rise Building / C. Xiangfu / Science Press Beijing and Springer, 2011. – 430 p.

ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ МОСТА ЧЕРЕЗ КИЇВСЬКИЙ ШЛЮЗ

Заїко В. І., магістрант

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький

Вступ. Залізобетон вже друге століття являється майже чи не головним матеріалом в промисловому, цивільному, сільсько-господарчому будівництві тощо. Але часто стає так, що запроектований термін експлуатації цих будов не відповідає дійсності, в міру об'єктивних причин. Було проведено дослідження стану конструкцій моста через шлюз Київської ГЕС на визначення дефектів, які впливають на умови та термін експлуатації елементів будови. Головними аспектами зміни умов експлуатації моста є такі, як:

1. Збільшення експлуатаційних навантажень від запланованих у 60-х роках, збільшення потоку транспорту, кількість якого проїжджає за одиницю часу.

2. Збільшення ваги транспортних засобів.

3. Вплив зовнішнього середовища, яке з часом змінюється.

4. Карбонізація захисного шару бетону.

5. Корозія арматури в бетоні.

Збільшення, вище вказаних, впливів приводить до зменшення терміну експлуатації конструкцій, які потрібно досліджувати, щоб запобігти руйнуванню і своєчасно розробити проєкт по відновленню їх властивостей та проведенню ремонтних робіт.

Тому, дуже важливим питанням є дослідження руйнівних впливів експлуатаційних навантажень і зовнішнього середовища на залізобетонні конструкції, а також надання пропозицій заходів по їх ліквідації. Відповідно до ДСТУ 9273:2024 [1] обстеження конструкцій моста через Київської шлюз проводяться кожні 5 років, поки не буде висновку про змінення терміну.

Основний текст.



Рис. 1. Загальний вигляд моста через шлюз зі сторони верхнього б'єфу

Основними дефектами прогонових будов мосту через шлюз виявлено:

- засмічення деформаційних швів на проїзній частині та тротуарах;
- засмічення всіх решіток системи водовідводу з проїзної частини мосту через шлюз;
- сколювання бетону та оголення арматури в розтягнутій зоні конструкцій мосту;
- корозійні процеси арматури в бетоні, які викликають тріщиноутворення в захисному шарі бетону конструкцій (рис. 2);
- замокання та вилуговування бетону прогонних будов: на ребрах балок, плит балок;
- суцільна корозія труб водовідведення з мостового полотна;
- патьоки і сліди вилуговування бетону плит мостового полотна;
- сколювання бетону з оголенням арматури у з'єднаннях діафрагм прогонових будов (рис. 3);
- відсутність захисного кожуха опорних частин, фарби на металевих деталях, мастила на поверхнях тертя опорних частин та суцільна корозія опорних частин (рис. 4);
- деформація укусу опори №0, руйнування укріплення-опорядження відкошу насипу (просідання сторін бетонної плитки) та водовідвідних лотків (рис. 5).



Рис. 2. Сколювання бетону, тріщини, корозія арматури балки Б-1в на опорі №0



Рис. 3. Сколювання бетону, з оголенням арматури у з'єднаннях діафрагм прогонових будов



Рис. 4. Корозія опорної частини. Продукти пластинчастої корозії сталі до 7 мм



Рис. 5. Руйнування укріплення-опорядження відкошу насипу (просідання сторін бетонної плитки) та лотків з обох сторін укусу

Проведені: визначення карбонізації та ступеню корозійного зносу арматури залізобетонних частин елементів [3], визначення міцності бетону залізобетонних конструкцій [4], результати яких оформлено у вигляді таблиць.

Для оцінки ступеню карбонізації бетону виконували розкриття бетону залізобетонних конструкцій в 20 місцях . Розкриття бетону здійснювали шляхом вибурювання керну, сколювання окремих ділянок залізобетонних конструкцій вручну. В місцях свіжих сколів наносився хімічний реагент – однопроцентний спиртовий розчин фенолфталеїну. За збереженням або зміною кольору бетону в результаті хімічної взаємодії оцінювалася глибина карбонізації бетону в залізобетонних конструкціях. За результатами визначення глибини карбонізації бетону конструкцій моста через шлюз підтверджено, що на глибину карбонізації впливає вік бетону, його якість і умови експлуатації, а глибина карбонізації впливає на корозійний стан сталеві арматури. Так, бетон монолітної плити мостового полотна, зведеної у 2010 році, практично або не має карбонізації на поверхні або вона мінімальна – 3 мм, бетон щільний, арматура не ушкоджена корозією. Конструкції, зведені у 1964 році, мають в цілому шар карбонізованого бетону більший, особливо тіло опор зі сторони проходу води в шлюзі – не менше 40 мм. Корозійне ураження стосується переважно неробочої арматури і впливає лише на довговічність конструкцій.

При обстеженні шлюзу Київської ГЕС визначення міцності бетону елементів конструкцій мостового переходу виконувалося неруйнівним методом ударного імпульсу вимірювачем міцності бетону «Beton Pro CONDROL».

Розрахунок експлуатаційного технічного стану конструкції моста через шлюз Київської ГЕС за результатами обстеження у 07.2025 році проводився шляхом обчислення експертної оцінки E технічного стану споруди виконуємо за формулою п. 7.8 ДСТУ 9181:2022:

$$E = E_i - \Delta E_i$$

Тут

$$\Delta E_i = c_i \sum_{k=1}^7 \alpha_k (D_k - 1),$$

....

$$C_3 = 20 : [2 (0,33 + 0,26 + 0,26) + 4 (0,11 + 0,04)] = 20 : [1,7 + 0,6] = 20 : 2,3 = 8,696$$

$$\Delta E_3 = 1,74 \cdot 8,696 = 15,131$$

$$E = 80 - 15,131 = 64,869$$

Відповідно до таблиці 7.2 ДСТУ 9181:2022 експлуатаційний стан споруди, що розраховувалася відповідає залежності рейтингів балів від – до:

$$60 < E < 79$$

А саме у цьому розрахунку:

$$60 < 64,869 < 79$$

Рейтинг балів: в межах 79 – 60.

Приймаємо експлуатаційний стан – Стан 3. Працездатний.

Порівнюючи результати розрахунків експлуатаційного стану споруди у 2020 році ($E = 62,4$) і у 2025 році ($E = 64,869$) спостерігаємо незначне зростання значення показника E , але який все одно залишається відповідним рейтингу балів від 60 до 79, що становить експлуатаційний стан 3 - працездатний.

Висновок.

1. За результатами інструментального обстеження мосту встановлено фактичну міцність бетону та клас бетону конструкцій мосту відповідно до ДБН В.2.6-98:2009: міцність бетону балок прогонових будов в діапазоні показників 48,3-54,1 МПа, що відповідає класам бетону C30/35 – C32/40.

2. Встановлені визначальні дефекти елементів конструкцій, що негативно впливають на термін експлуатації споруди, її довговічність і надійність.

3. Експлуатаційний стан мосту через шлюз Київської ГЕС за станом елементів конструкцій та за формалізованою експертною оцінкою (рейтингом) визначено, як стан 3 – працездатний. Ведуться планові обстеження, скорочуються терміни між періодичними оглядами, виконуються поточні ремонти. За необхідністю, обмежується швидкість руху. Надані рекомендації для усунення дефектів, виявлених під час обстеження.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9273:2024 - Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість.
2. ДСТУ Б В.2.6-2:2009 - Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови.
3. ДСТУ EN 12390-10:2022 (EN 12390-10:2018, IDT) – Випробування цементобетону. Частина 10. Визначення стійкості цементобетону до карбонізації при атмосферній концентрації вуглекислого газу.
4. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 - Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Київ, 2009. 56 с. (Інформація та документація).

АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ТА ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ШВИДКОГО ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ХЕРСОНЩИНИ

*Кошевий І.О., магістрант, ТОВ «Терен»,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон*

Вступ. Повномасштабні бойові дії на території Херсонської області спричинили значні пошкодження житлових, громадських і промислових будівель, а також критично важливої інфраструктури [3]. Унаслідок артилерійських обстрілів, ударів дронів та авіаційних атак багато конструкцій зазнали часткових або повних руйнувань, що вплинуло на безпеку населення, роботу рятувальних служб і можливості подальшої експлуатації споруд [4]. У таких умовах зростає потреба в оперативному та об'єктивному аналізі стану будівель, визначенні характеру отриманих ушкоджень і застосуванні ефективних методів їх відновлення, адаптованих до роботи в зоні підвищеної небезпеки.

Метою статті є дослідження типових пошкоджень будівель і споруд Херсонщини внаслідок бойових дій та обґрунтування практичних підходів до їхнього відновлення в умовах обмежених технічних можливостей. Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань: проаналізувати найбільш поширені види руйнувань, оцінити їхній вплив на конструктивну стійкість будівель, розглянути приклади оперативного обстеження пошкоджених об'єктів, а також дослідити ефективність сучасних методів локального відновлення, які можуть застосовуватися без використання спецтехніки. Розв'язання цих завдань дозволить сформулювати комплексне уявлення про характер руйнувань на Херсонщині та визначити підходи до їхнього усунення, що є важливою складовою подальшого відновлення регіону [10].

Основна частина. Під час обстеження будинків, які зазнали пошкоджень внаслідок обстрілів дронами типу «Молнія» або прямого влучання снарядів, спостерігали наскрізні отвори площею до 6м² та появу тріщин у конструкціях. В умовах, коли використання важкої спецтехніки є небезпечними або неможливими, зруйновані елементи можна відновлювати за допомогою сучасних доступних технологій.

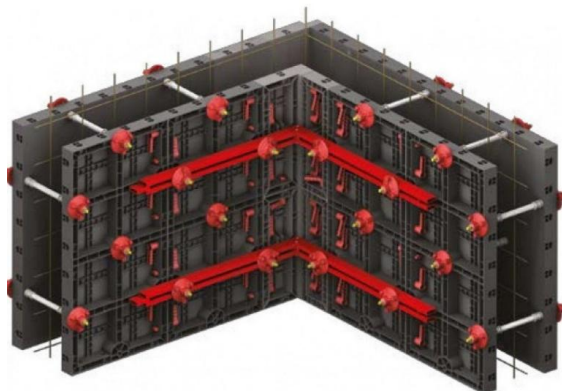


Рис. 1. Приблизний образ опалубки

Одним з ефективних рішень є застосування пластикової опалубки (рис. 1). Технологія полягає у встановленні на даху будинку консольного трубоквadrата розміром 3 м та перерізом 8х8см. На його кінці закріплюється блок-ролик, через який пропускається міцна мотузка, що витримує значне навантаження. Кінці мотузки спускаються до землі, що дозволяє піднімати зовнішній щит опалубки до отвору вручну (рис. 2). Внутрішній щит встановлюється із середини пошкодженої квартири, після чого обидва щити з'єднуються болтом-шпилькою через спеціальну гільзу. Для забезпечення надійного кріплення гайка шпильки приварюється до зовнішнього щита, що включає необхідність додаткових робіт з фасаду будівлі.

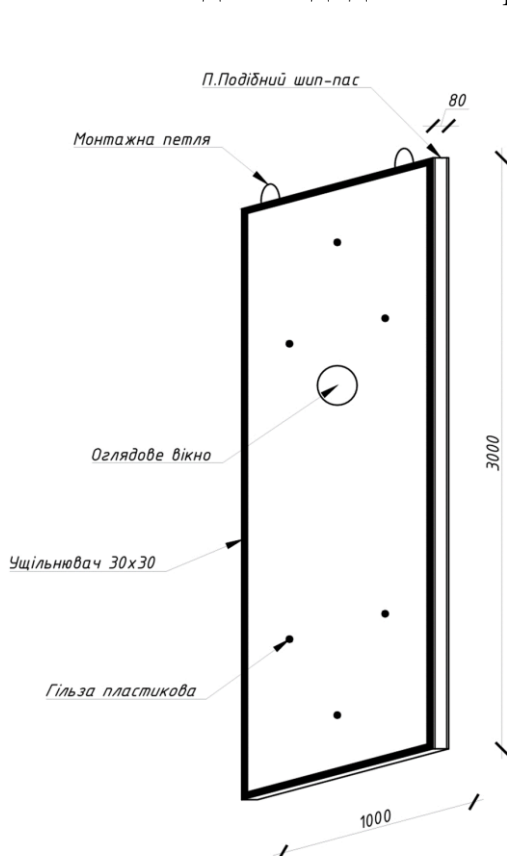


Рис. 2. Пластиковая опалубка, спереду

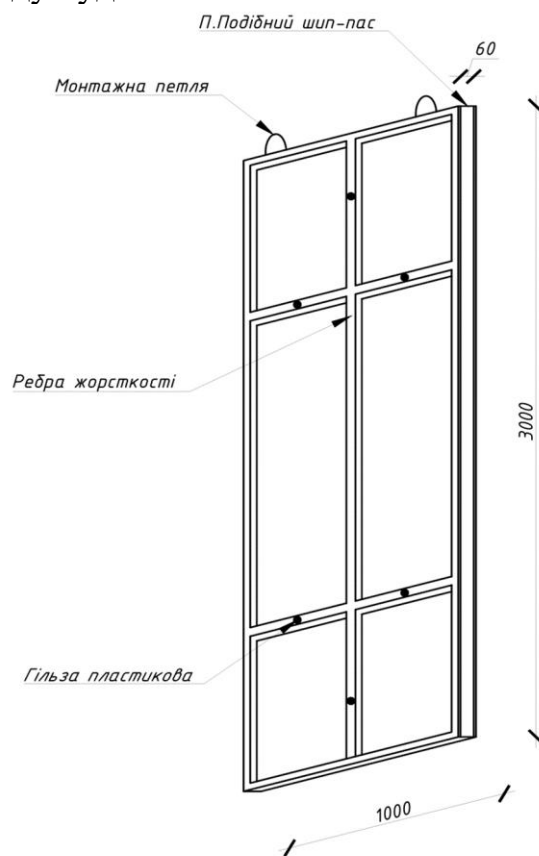


Рис. 3. Пластиковая опалубка, вигляд ззаду

Щити опалубки мають стандартні розміри - 3х1 м, внутрішні – 2.5х1 м, що полегшує їх монтаж вручну. Для щільного з'єднання щитів застосовується система шип-паз: до одного щита кріпиться П-подібна труба перерізом 8 см, до другого – труба 6 см, що дозволяє вставити їх один в один і створити суцільну конструкцію без додаткових кріплень (рис. 3).

Армування отвору виконується залежно від конструктивного матеріалу будівлі. У бетонних панелях по периметру пошкодження свердлять отвори всередині товщини стіни та забивають арматуру, формуючи армуючу сітку. У цегляних стінах арматуру закріплюють за допомогою хімічного анкера. Для

контролю процесу заповнення бетоном внутрішній щит оснащується оглядовим отвором, що щільно закривається різьбовою пробкою. Через цей отвір забезпечується подача бетону та його ущільнення віброінструментом.

Для заливки бетону у верхній частині отвору частково розбирають конструкцію перекриття або стіни, що дозволяє подати бетон без ризику його витікання. Периметр з'єднаних щитів затискається ущільнювальною резиною розміром 30х30 для запобігання протіканню розчину. Бетон подається із бетонної станції через шланг на потрібний поверх (рис. 4).

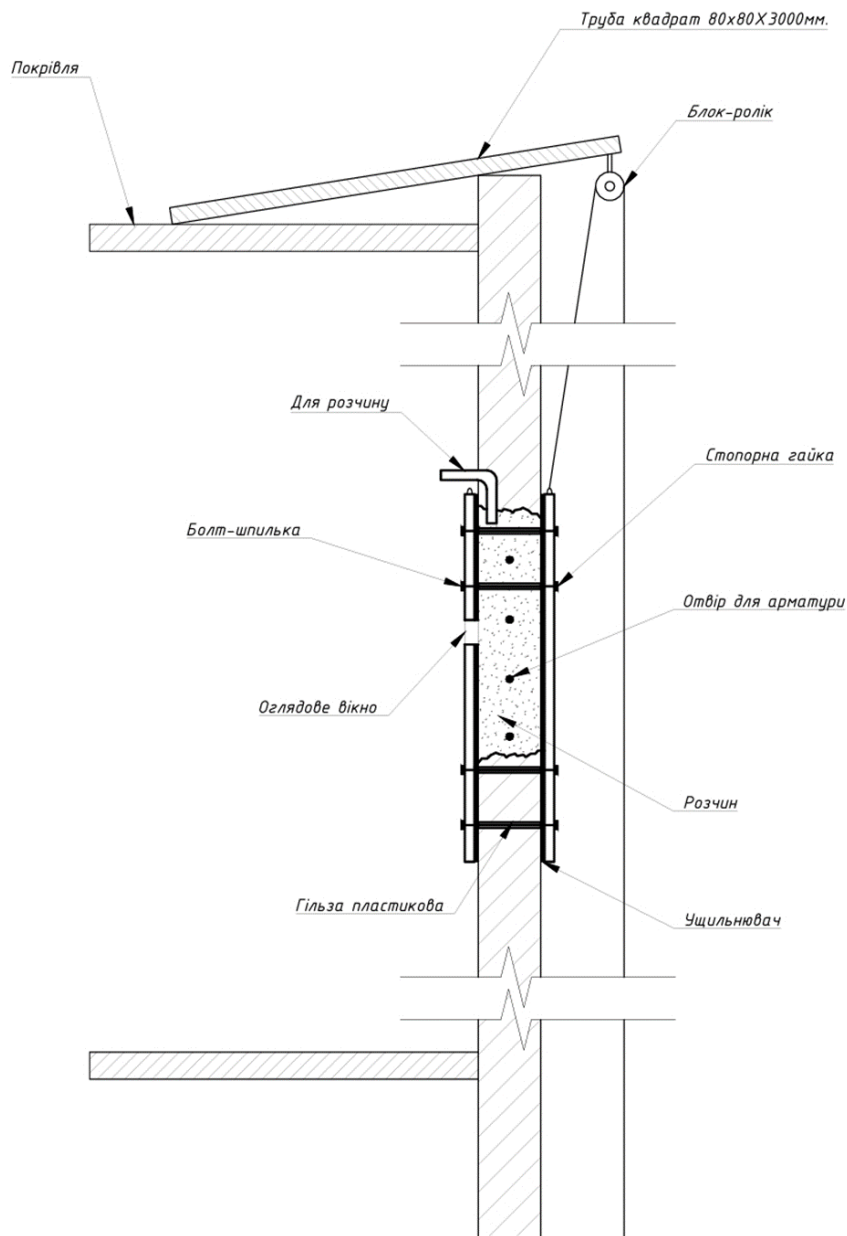


Рис. 4. Схема монтажу опалубки на стіну

Використання пластифікаторів дозволяє приблизно через 10 годин після заливки демонтувати опалубку: відгвинчуючи шпильки, зовнішній щит опускається за допомогою канатів, а внутрішній щит демонтується зсередини.

Після цього стіну можна одразу оштукатурити та привести будівлю до придатного для проживання стану. За проведеними розрахунками, весь комплекс робіт може бути виконаний приблизно протягом 14 годин, що забезпечує швидке повернення житла мешканцям.

Висновок. Обстеження будівель Херсонщини, пошкоджених унаслідок бойових дій, показало, що типові ушкодження включають наскрізні отвори та тріщини, що суттєво знижує несучу здатність конструкцій. Дослідження підтвердило, що навіть за обмежених технічних можливостей ефективним методом відновлення є використання пластикової опалубки з системою шип-паз, армуванням та контролем заливки бетону.

Запропонована технологія дозволяє швидко і безпечно відновлювати зруйновані стіни без застосування важкої техніки, забезпечуючи повернення житла мешканцям протягом одного робочого дня. Це свідчить про доцільність застосування доступних сучасних методів локального відновлення у зоні підвищеної небезпеки для оперативного відновлення житлового фонду та критично важливої інфраструктури.

Список використаних джерел

1. The World Bank, European Commission, United Nations. Ukraine: Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA1–RDNA3). Kyiv, 2022–2023. URL: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/publication/rdna>
2. Kyiv School of Economics (KSE). Damage Assessment Report: Destruction and Losses in Ukraine's Infrastructure. Kyiv, 2023. URL: <https://kse.ua/damages>
3. UNOSAT. Satellite-based Damage Assessment: Kherson Region, Ukraine. UNITAR, 2023. URL: <https://unosat.org> (дата звернення: 21.11.2025)
4. ReliefWeb. Ukraine: Kherson Region – Damage, Flooding and Humanitarian Impact after the Kakhovka Dam Destruction. 2023. URL: <https://reliefweb.int> (дата звернення: 20.11.2025)
5. United Nations Environment Programme (UNEP); DHI. Rapid Environmental Impact Assessment of the Kakhovka Dam Breach. Geneva, 2023. URL: <https://www.unep.org> (дата звернення: 20.11.2025)
6. REACH; Zoï Environment Network. Conflict-Related Environmental and Health Risks in Kherson Region. 2023. URL: <https://www.reachresourcecentre.info> (дата звернення: 21.11.2025)
7. IOM. Flash Report: Humanitarian Impact in Kherson Region after Flooding. 2023. URL: <https://www.iom.int> (дата звернення: 19.11.2025)
8. OCHA. Ukraine Humanitarian Flash Updates – Kherson and Kakhovka Region. 2022–2023. URL: <https://ocha.un.org>
9. InfoRes; Centre for Information Resilience. Kherson After Occupation: Mapping Russian Attacks and Damage to Civilian Infrastructure. 2023. URL: <https://maphub.net/Cen4infoRes> (дата звернення: 21.11.2025)
10. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Оперативні звіти щодо руйнувань у Херсонській області. 2022–2024. URL: <https://dsns.gov.ua> (дата звернення: 21.11.2025)

**СУДОВА ЕКСПЕРТИЗА ПРИ ДОСЛІДЖЕНІ ЗРУЙНОВАНИХ
БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

*Межейніков С.С., магістрант, судовий експерт сектору будівельних,
земельних досліджень та оціночної діяльності Херсонського науково-
дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України*

Вступ. Ми живемо в умовах, коли будівлі руйнуються не лише через природні фактори чи техногенні аварії, а й унаслідок військових дій. Сьогодні я хочу звернути Вашу увагу на тему судової експертизи нерухомого майна які зазнали руйнувань внаслідок бойових дій, спричинених військовою агресією російської федерації. В таких умовах судова експертиза має на меті не лише встановити фактичний стан об'єкта, а й забезпечити доказову базу для подальших юридичних процесів, документування збитків та формування підґрунтя для міжнародних позовів. Саме тому роль експертів як незалежних та об'єктивних фахівців зростає як ніколи.

Основний текст. Під час здійснення правосуддя, для роз'яснення обставин злочинних дій, у судів та слідчих виникає потреба у фахівцях які мають спеціальні знання у відповідних галузях науки і техніки, тому правоохоронні органи залучають експертів які проводять дослідження об'єктів та надають обґрунтований висновок, результати якого враховуються при судочинстві.

Підставою проведення судової експертизи є відповідне судове рішення чи рішення органу досудового розслідування, або договір з експертом чи експертною установою - якщо експертиза проводиться на замовлення інших осіб [1].

Судовий експерт несе правову, кримінальну, цивільну, адміністративну та дисциплінарну відповідальність за неналежне виконання своїх обов'язків. Його статус і обов'язки регулюються законодавством, зокрема Законом України «Про судову експертизу» [1] та нормами Кримінального кодексу [2].

У кримінальних провадженнях необхідність проведення судових будівельно-технічних експертиз здебільшого пов'язана зі зловживанням та розкраданням бюджетних коштів під час будівництва та ремонту (завищення обсягів робіт, завищення кошторисних норм, тощо). З початком бойових дій в Україні будівельна експертиза призначається для з'ясування обставин, пов'язаних із пошкодженням, руйнуванням, оцінкою стану будівель і споруд та встановлення вартості відновлення, а також оцінки завданих збитків.

Експерт працює відповідно до законодавства України, державних будівельних норм і стандартів. Його висновок є офіційним доказом у судовому процесі.

Міністерством економіки та Фонду державного майна України був затверджений наказ від 18.10.2022 за №3904/1223 "Про затвердження Методики визначення шкоди та обсягу збитків, завданих підприємствам, установам та організаціям усіх форм власності внаслідок знищення та пошкодження їх майна у зв'язку із збройною агресією Російської Федерації, а також упущеної вигоди від неможливості чи перешкод у провадженні господарської діяльності" [3]. В свою чергу діагностування технічного стану будівельних конструкцій та об'єктів виконується згідно ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість» [4].

Під час проведення експертизи пошкоджених будівель перед експертами стоїть низка важливих завдань:

- А) встановити, у якому стані була будівля до руйнування;
- Б) з'ясувати механізм та характер руйнувань;
- В) визначити обсяги руйнувань;
- Г) оцінити залишкову міцність конструкцій;
- Д) визначити рівень збитків та можливість відновлення.

Усе це вимагає комплексного аналізу та точних даних.

Процес проведення експертизи складається з декількох етапів:

Перший етап (підготовчий) – опрацювання вихідних даних, при необхідності подання клопотань ініціатору експертизи щодо надання додаткових матеріалів та складання плану досліджень;

Другий етап – візуальне обстеження об'єкта, проведення інструментальних вимірювань. Фіксуються всі пошкодження, виконується фото- та відеозйомка, складаються схеми руйнувань.

Третій етап – обробка і аналіз отриманої інформації, проведення необхідних розрахунків та підготовка висновку експерта.

Також хочу зазначити що існують проблемні питання у діяльності судово-будівельної експертизи, такі як:

- небезпечний або неможливий доступ до зруйнованих будівель;
- загроза повторних руйнувань чи наявність вибухонебезпечних предметів;
- відсутність точних початкових даних про стан будівлі;
- потреба у міждисциплінарних знаннях та технологіях;
- неналежне забезпечення засобами вимірювальної техніки;
- відсутність методики визначення придатності будівлі для подальшого використання.

Базуючись на багаторічних наукових напрацюваннях у сфері будівництва, необхідно розробити нові методи досліджень зруйнованих будівель, таких як: використання безпілотних систем, інформаційне моделювання пошкоджених частин будинків (BIM) та використання штучного інтелекту для аналізу отриманої інформації та надання рекомендацій щодо відновлення майна. Все це прискорить відновлення економіки та подолання корупції у будівельній сфері.

Висновок. Судова будівельно-технічна експертиза це важливий елемент встановлення істини, документування наслідків воєнних дій та відшкодування нанесених збитків. Від професійності експертів залежить якість розслідувань та справедливість судових рішень.

Список використаних джерел

1. Закон України "Про судову експертизу" від 25 лютого 1994 року №4038-ХІІ. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text> (дата звернення: 25.11.2025).
2. Кримінальний кодекс України від 5 квітня 2001 року № 2341-ІІІ. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 25.11.2025).
3. Наказ Міністерства економіки та Фонду державного майна України "Про затвердження Методики визначення шкоди та обсягу збитків, завданих підприємствам, установам та організаціям усіх форм власності внаслідок знищення та пошкодження їх майна у зв'язку із збройною агресією Російської Федерації" від 18.10.2022 за №3904/1223 База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1522-22#Text> (дата звернення: 25.11.2025).
4. ДСТУ 9273:2024 "Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість". База даних "БУДСТАНДАРТ Online". URL: <https://online.budstandart.com/ua/price/online-servis.html> (дата звернення: 25.11.2025).

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗБОРУ НАВАНТАЖЕНЬ
НА АНТЕННІ СПОРУДИ ЗВ'ЯЗКУ**

*Гасенко А.В., д.т.н., доцент, Падун Ю.О., аспірант
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

Вступ. Антенні споруди, які використовуються для стільникового зв'язку, являють собою досить широку категорію інженерних конструкцій, що створюються спеціально для встановлення на них різноманітного технологічного та радіотехнічного обладнання. Якщо розглядати їх з точки зору конструктивних особливостей, то антенні споруди можна класифікувати на вежі, щогли, а також комбіновані опорні конструкції.

Характерною особливістю антенних споруд є їхня значна висота, яка суттєво перевищує розміри їхніх поперечних перерізів. Саме тому при розрахунку несучих конструкцій та з'єднувальних вузлів основну увагу приділяють насамперед атмосферним навантаженням, до яких належать вітрові впливи, навантаження від ожеледі та температурні коливання.

Конструктивні елементи, що виконують несучу функцію в антенних спорудах, характеризуються різним рівнем складності при визначенні їхнього технічного стану. Крім того, існує велика кількість різноманітних факторів, які здатні спричинити фізичне зношування конструкцій, виникнення деформацій, відхилення осі споруди від вертикального положення, що перевищують допустимі норми, а також появу різноманітних дефектів та пошкоджень.

Метою роботи є опис навантажень і впливів, що виникають при експлуатації антенних споруд зв'язку.

Основна частина. Конструкції антенних споруд зв'язку рекомендовано розраховувати як просторову систему «основа – фундамент – споруда» з використанням програмних комплексів, що дозволяють врахувати фізичну й геометричну нелінійність. А також забезпечити найбільшу точність результатів розрахунку й зниження металоємності будівництва.

Рекомендовано проводити розрахунок за такою схемою: виконати розрахунок усієї схеми в фізично нелінійній постановці на постійні й тимчасові навантаження, що входять до аварійного сполучення; далі отриманий напружено-деформований стан приймати як стартовий для розрахунку на навантаження від елементів, що вилучаються; розрахунок на додаткове навантаження, що виникає при вилученні елементів, виконувати у фізично й геометрично нелінійній постановці. Таким чином, розрахунок міцності та стійкості проводити на аварійне сполучення навантажень і впливів, що включає постійні і тривалі тимчасові навантаження, а також вплив на конструкцію споруди локальних виключень з роботи елементів конструктивної схеми.

Розрахунок несучих конструкцій антенних споруд виконується на дію постійних, змінних тривалих, змінних короточасних та епізодичних навантажень (рис. 1).

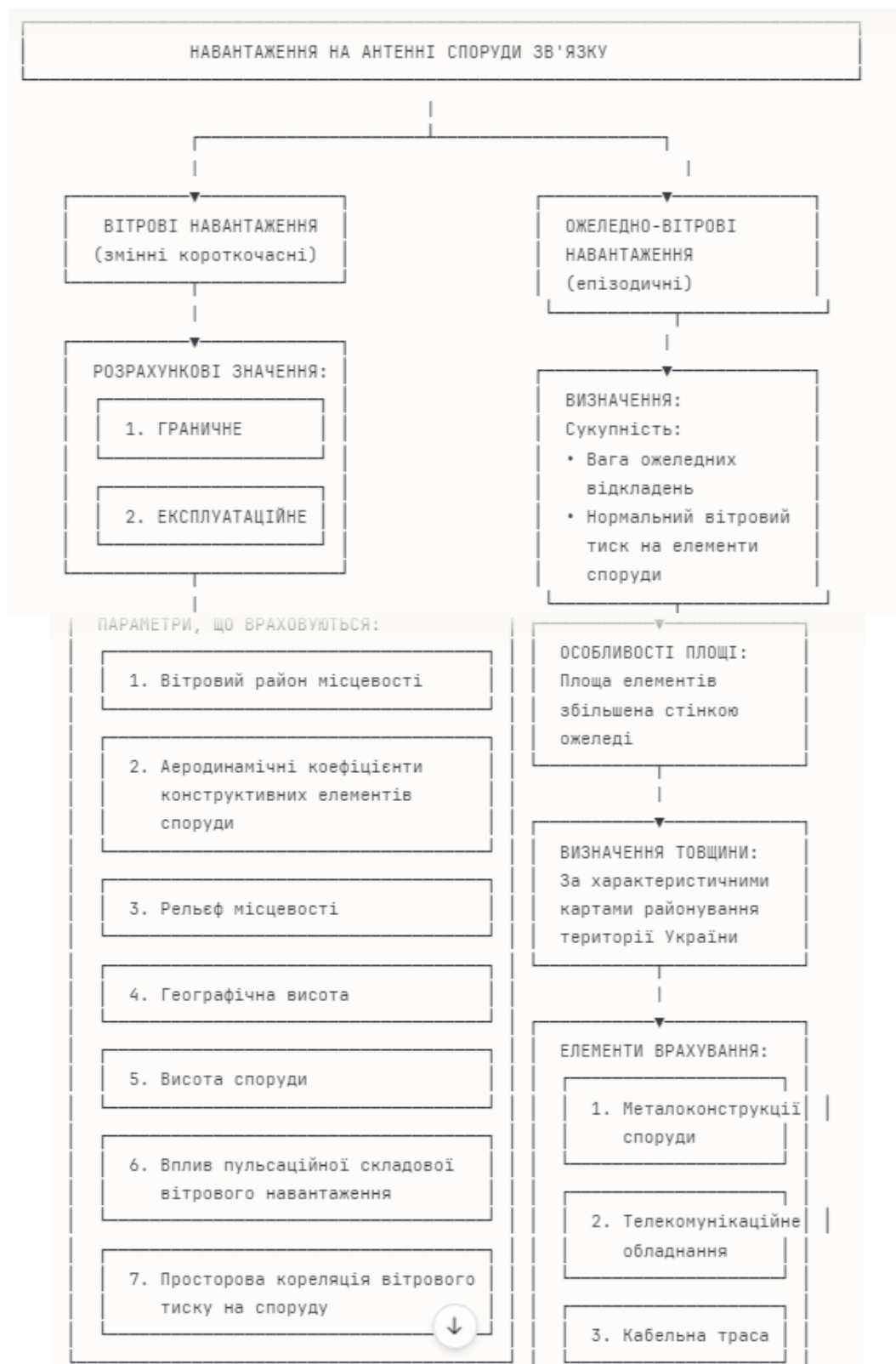


Рис. 1. Класифікаційна схема змінних та епізодичних навантажень на антенні споруди зв'язку

До постійних навантажень слід відносити власну вагу металоконструкцій та монтажні натяги відтяжок щогл, до змінних тривалих – вагу телекомунікаційного обладнання та кабельної траса по всій висоті споруди. До

змінних короточасних навантажень слід враховувати вітрові та у випадку для щогл температурні впливи на відтяжки (ванти). Також слід враховувати епізодичні ожеледно-вітрові навантаження та в окремих випадках інші навантаження, що обумовлені понаднормативними деформаціями основи фундаменту, зокрема при замочуванні просадкових ґрунтів.

Температурні впливи відіграють важливу роль у моделюванні розрахункових схем для щогл, оскільки залежно від температури відтяжки мають властивість змінювати свою довжину і, як наслідок, монтажні натяги відтяжок щогл досить чутливі до зміни температур навколишнього середовища та впливу сонячної радіації. Тому при розрахунках несучої здатності щогл на стійкість в цілому і їх окремих елементів слід враховувати впливи температури середньорічної, а також температури мінус 40 °С та плюс 40 °С. При розрахунках конструкцій на ожеледно-вітрові навантаження слід враховувати вплив температури мінус 5°С.

Комбінації навантажень. Сполучення навантажень формуються як набір їхніх розрахункових значень або відповідних їм зусиль і/або переміщень, що використовується для перевірки конструкції або основи у певному граничному стані і в певній розрахунковій ситуації. Припускається, що всі навантаження в обраному сполученні одночасно впливають на об'єкт розрахунку. До комбінації входять навантаження, які найбільш несприятливо впливають на споруду з точки зору граничного стану, що розглядається. Впливи, які взаємно виключають один одного, не розглядаються в одній комбінації. В розрахунках конструкцій розглядаються сполучення двох типів – основні та аварійні.

Для перевірки граничних станів першої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з граничними розрахунковими значеннями, граничні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень. Для перевірки граничних станів другої групи використовують основні сполучення, які включають постійні навантаження з експлуатаційними розрахунковими значеннями, а також експлуатаційні розрахункові, циклічні або квазіпостійні значення змінних навантажень.

Висновки. Надійність антенних споруд стільникового зв'язку передусім залежить від наявності достатнього запасу міцності та стійкості несучих елементів конструкцій. Тому правильність та комплексний підхід для збору навантажень та впливів на антенні споруди стільникового зв'язку має ключове значення при оцінці їх технічного стану, оскільки відмова роботи одного з елементів може призвести до втрати стійкості та подальшому прогресивному руйнуванню всієї конструкції.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-2:2006. (2006). Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України.
2. Голоднов, О.І., Доан, Н.Т. (2010). Дослідження основних впливів на технічний стан антенно-щоголових споруд. *Зб. наук. пр. УНДтаПІСК імені В.М. Шимановського*, 5, 237 – 245.

**ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ САПР ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ
БУДІВЕЛЬ З РАМНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ**

*Гудзь С.А., к.т.н., доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний
університет», м. Дніпро*

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

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

Вступ. Проектування одноповерхових будівель із порталними рамами потребує застосування спеціалізованого програмного забезпечення для точного визначення напружено-деформованого стану конструкцій. Традиційні математичні моделі не характеризують усіх особливостей поведінки рамних конструкцій у каркасі будівлі, особливо при значній жорсткості з'єднаних елементів. Для збільшення точності розрахунків і наближення їх до дійсних умов роботи конструкції внутрішні зусилля потрібно визначати в просторовій моделі за нелінійною теорією другого порядку. При втраті стійкості від стиску, згину та кручення у вертикальному або похилому елементі порталної рами відбувається одночасно декілька деформацій.

Актуальність дослідження полягає у необхідності вдосконалення процесу створення розрахункової моделі, проєктної документації та робочих креслень для забезпечення надійності конструкцій.

Основний текст. Тенденція елемента до втрати стійкості виникає внаслідок його значної гнучкості та недостатнього кріплення стиснутого поясу приєднаними конструкціями, до яких належать монолітні та збірні залізобетонні плити, сталевий плоский та профільований настил, панелі-сендвіч, прогони, балки перекриття та дискретні розкріплення (рис. 2). Ці конструкції зменшують розрахункову довжину балки та збільшують її загальну стійкість. У будівництві широко використовуються тонкостінні конструкції, що працюють спільно з несучим настилом. Для покриттів промислових та цивільних каркасних будівель часто застосовуються легкі покрівлі, що складаються з прогонів і сталевих профільованих листів, жорсткість якого при закріпленні до верхнього поясу використовується для підвищення стійкості балок від крутіння.

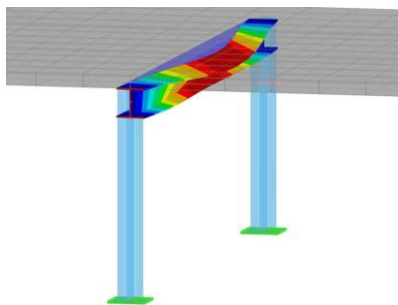


Рис. 1. Схема втрати стійкості нижнього поясу сталевих балок

з позначенням деформацій

Для перевірки стійкості сталевого елемента визначають напруження у стиснутому поясі та порівнюють їх із критичними, які дорівнюють розрахунковому опору сталі, помноженому на коефіцієнт стійкості. Цей коефіцієнт залежить від розрахункової схеми, геометричних властивостей перерізу та відстані між точками розкріплення стиснутого поясу. Для визначення умовної гнучкості при втраті поперечної стійкості необхідно знати пружний критичний момент. Його значення для двотаврової балки, шарнірно закріпленої на кінцях і навантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, можна визначити згідно з будівельними нормами. В інших випадках рекомендується кількісно визначати критичний момент шляхом моделювання.

Процес створення розрахункової схематичної моделі одноповерхової будівлі в спеціалізованому програмному забезпеченні (рис. 2) повинен якомога детальніше, точніше та зручніше описувати конструктивні зв'язки між різними елементами будівельної системи. Процес має включати такі основні етапи: створення кроків та прогонів несучих елементів будівлі, опис геометрії покрівлі (плоска, одно- або двосхила), визначення типу опор (шарнір, жорстке защемлення), перерізів колон та балок. При виборі типу крокви не всі схеми представлені в генераторі рам. Зокрема, схема зі стяжкою (tied portal frame), схема із зварними перерізами крокви та колони зі змінною висотою або криволінійна схема (curved rafter portal frame) відсутні в базовому наборі.

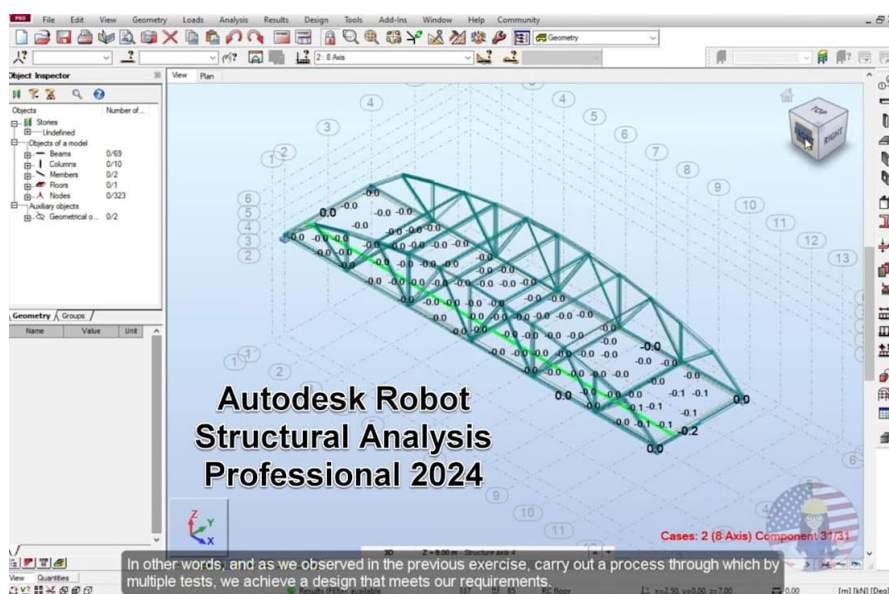


Рис. 2. Інтерфейс програми Autodesk Robot Structural Analysis Professional з моделлю порталної рами

Хрестові в'язи (рис. 3) частково сприймають, розподіляють і передають на основу горизонтальні навантаження на будівлю. Крім цього, вони забезпечують просторову жорсткість будівлі та слугують для розкріплення і зменшення розрахункової довжини елементів рами. В'язи можуть ефективно використовуватися для розкріплення сталевих елементів з метою уникнення втрати стійкості, зменшуючи ступінь використання перерізу і витрати сталі. Прогони, приєднані до верхнього поясу крокви, забезпечують стійкість елемента декількома способами: пряме бічне розкріплення при стиску зовнішнього поясу, проміжне бічне розкріплення розтягнутого поясу між крутильними розкріпленнями, крутильне та бічне розкріплення крокви при приєднанні прогону до розтягнутого поясу у поєднанні із стояками крокви до стиснутого поясу.

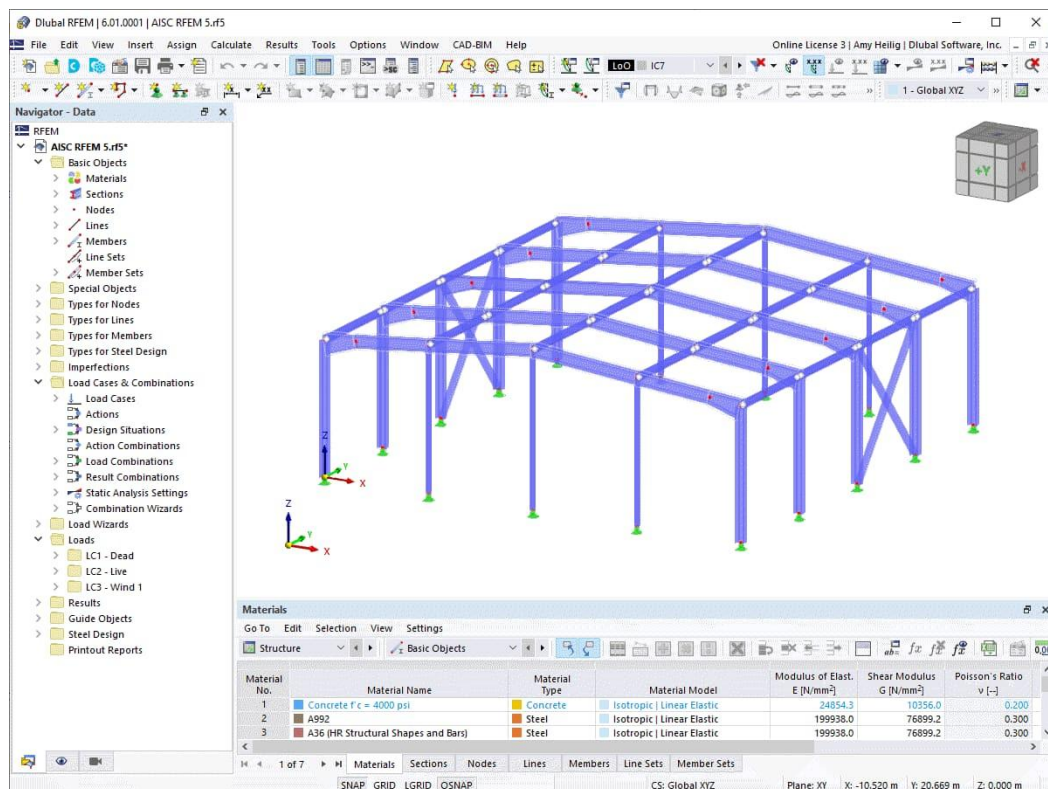


Рис. 3. Інтерфейс програми Dlubal RFEM для аналізу складних конструкцій з розкріпленнями

Проведено порівняння спеціалізованих програмних продуктів для розрахунку моделей будівель із порталними рамами. Перевагами Autodesk Robot Structural Analysis Professional (рис. 2) є автоматизація та швидкість створення моделі, генератор рам із зручним інтерфейсом, інтеграція з іншими продуктами. Недоліками є необхідність доопрацювання моделі, орієнтація під залізобетонні конструкції, спрощений експорт до Advance Steel. Переваги Consteel, Tekla Structural Designer та Dlubal RFEM (рис. 3) включають точність, універсальність і систематизацію, профіль для сталевих конструкцій,

можливість створення креслень, врахування жорсткості розкріплень та проєктування композитних конструкцій. До недоліків належать складність освоєння через універсальність, вартість, обмежена область застосування, відсутність генератора рам та тривалий розрахунок. PortalPlus має переваги швидкого розрахунку з деталізацією, наочності представлення, легкості та безкоштовного розповсюдження. Недоліками є відсутність в'язей, наближене визначення внутрішніх зусиль, обмежена область застосування.

При проєктуванні порталних рам можна використовувати орієнтовні дані для значень параметрів: проліт порталної рами 20–50 м, крок порталної рами 5–7,5 м, ухил покрівлі 6° – 10° , будівельна висота суцільностінної крокви 1/25–1/45 прольоту, будівельна висота наскрізної крокви 1/18–1/40 прольоту, відношення висоти колони до прольоту 1/4–1/7, вага колони 1,5–2 від ваги крокви, довжина ділянки підсилення 10% прольоту, висота підсилення 2 висоти крокви, крок прогонів 1,5–3 м.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що для збільшення точності розрахунків та наближення їх до дійсних умов роботи конструкції внутрішні зусилля потрібно визначати в просторовій моделі за нелінійною теорією другого порядку. У процесі обчислення коефіцієнта стійкості при згині доцільно врахувати крутильну або крутильну та зсувну жорсткість конструкцій, що розкріплюють стиснутий пояс елементів, схильних до втрати стійкості. Розглянуто конструктивні заходи для усунення явища втрати просторової стійкості лінійних елементів поперечної рами каркаса будівлі при сумісній дії стиску, поперечного згину та кручення (як показано на рис. 2). Приєднані до елемента різного роду другорядні конструкції збільшують його жорсткість і перешкоджають деформуванню. Проведено порівняльний аналіз спеціалізованого програмного забезпечення (рис. 3 та 4), виявлено їхні переваги та недоліки, що дозволяє рекомендувати їх використання залежно від специфіки проєкту. Наведені орієнтовні дані для значень параметрів при проєктуванні порталних рам можуть бути використані на початкових етапах проєктування одноповерхових будівель.

Список використаних джерел

1. Hernández S., Fontán A.N., Perezán J.C. & Loscos P. (2005). Design optimization of steel portal frames. *Advances in Engineering Software*, 36(9), 626-633. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2005.03.006>
2. Nagy Zs., Pop A., Moiş I., & Ballok R. (2016). Stressed skin effect on the elastic buckling of pitched roof portal frames. *Structures*, vol. 8, 227-244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.istruc.2016.05.001>
3. Kindmann R. & Krahwinkel M. (2001). Bemessung stabilisierender Verbände und Schubfelder. *Stahlbau* 70, 885-899. <https://doi.org/10.1002/stab.200102860>
4. Koschmidder D.M. & Brown D.G. (2012). Elastic design of single-span steel portal frame buildings to Eurocode 3. Steel Construction Institute.
5. Marsh K. (2016). Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016: Essentials. Marsh API.

АДДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО (3D-ДРУК), СУБТРАКТИВНЕ/ФОРМУЮЧЕ АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИРОБНИЦТВО ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Копійка О.О., асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Будівельна галузь є критичною для глобальної економіки та комфорту населення, але стикається з викликами, такими як дефіцит житла, потреба в екологічності та необхідність оптимізації витрат. Сучасні виклики вимагають кардинального удосконалення технологій та переходу від традиційного ремесла до інноваційних технологій, спрямованих на комфорті, екологічності та економічності експлуатації. Інноваційні технології вирішують критичні проблеми: скорочення матеріальних, енергетичних та трудових витрат, мінімізація обсягу виробничих відходів, стратегічний перехід до автоматизованих та адитивних технологій, що мінімізують ризики та наближають галузь до повної автоматизації.

Основний текст. Систематичний аналіз охоплює дві основні групи, які трансформують процеси виробництва компонентів та зведення будівель:

1. Аддитивне виробництво (3D-друк) – швидке формування складних об'єктів шляхом пошарового нарощування матеріалу;

2. Субтрактивне/формуєче автоматизоване виробництво (роботизована префабрикація): високоточне виготовлення ключових конструктивних елементів (наприклад, арматурних каркасів) у контрольованому заводському середовищі (off-site manufacturing).

Фундаментальні принципи 3D-Друку:



1. Геометрична свобода – ключова перевага, що дозволяє генерувати об'єкти будь-якої форми без традиційних форм. Це дозволяє реалізувати архітектурні проекти будь-якої складності.

2. Процес екструдуювання – технологія, яка ґрунтується на пошаровому накопиченні

матеріалу, де 3D-принтер послідовно розпорошує швидкотвердіючий матеріал.

Аддитивне виробництво та роботизована префабрикація. Економічний та Екологічний Вплив 3D-Друку:

1. Ресурсоефективність: на відміну від субтрактивних методів, 3D-друк використовує лише необхідну кількість матеріалу, що значно зменшує обсяг виробничих відходів та знижує матеріальні витрати.

2. Оптимізація структури: геометрична свобода дозволяє інженерам оптимізувати внутрішні структури стін (наприклад, створювати порожнисті або ґратчасті секції).

3. Класифікація обладнання: будівельні 3D-принтери поділяються за типом та мобільністю:

Портальні Системи (Gantry) характеризуються великим робочим простором та високою точністю, підходять для великих стаціонарних об'єктів (наприклад, Constructions-3D, до 13×13×3.8м).

Роботизовані системи (Arm-based): забезпечують високу мобільність та гнучкість (наприклад, Apis Cor). Їхня перевага – швидке розгортання та можливість програмування кількох одиниць для одночасного запуску, скорочуючи час виготовлення.

Матеріалознавство та перспективи 3D-Друку:

1. Оптимізація бетону: успіх технології залежить від реологічних властивостей суміші. Склад бетону має бути оптимізований для достатньої плинності для екструзування та швидкого схоплювання для підтримки верхніх шарів без опалубки.

2. Стратегічне впровадження: 3D-друк є перспективним напрямком для мінімізації ризиків та зменшення потреби у робочій силі. Для широкого впровадження потрібна популяризація технологій та адаптація складів бетонів до місцевої бази.

Роботизовані системи та автоматизована префабрикація:

1. Роботизовані лінії є ключовим елементом для високоточного та ефективного виготовлення префабрикованих конструкцій, особливо для критичної інфраструктури, такої як тунельні сегменти.

2. Автоматизовані процеси: точне різання та формування (холодне згинання сталі) та роботизоване зварювання кінцевої пластини, що гарантує надійність з'єднання.

Якість, довговічність та цифрова прозорість. Інтелектуальний контроль якості:

1. Перевага над ручною працею: головна цінність роботизованих систем – впровадження інноваційних технологій контролю, що перевищують можливості ручної праці.

2. Просторове 3D розпізнавання швів: ця технологія критично важлива для забезпечення стабільної якості зварювання. Вона гарантує дотримання найсуворіших інженерних стандартів та є стратегічним зменшенням ризику для критичної інфраструктури.

3. Спільна Операція (Co-op Robotics): одночасна робота кількох роботів суттєво скорочує загальний час виготовлення та підвищує продуктивність.

4. Самоадаптація та гнучкість: виробничі лінії забезпечують багатоваріантний процес самоадаптації, дозволяючи вільно перемикатися між різними розмірами та моделями. Це підтримує виготовлення малих партій зі збереженням високої ефективності.

Інноваційні матеріали:

Склопластикова арматура (GFRP). Основні переваги:

1. Стійкість до корозії: ідеальний вибір для конструкцій в агресивних середовищах, продовжує термін служби та знижує витрати на обслуговування.



2. Більша міцність на розрив: часто перевершує сталь у структурних характеристиках.

3. Менша вага: спрощує логістику, транспортування та монтаж, знижуючи капітальні витрати на роботизоване обладнання.

GFRP як технологічний

енейблер (цифрова інтеграція):

1. Непровідність та нейтральність: склопластик не проводить електрику і є нейтральним до електромагнітного поля.

2. "Електромагнітна прозорість": на відміну від сталевих арматур, яка створює екранування, GFRP дозволяє створювати електромагнітно "прозорі" конструкції.

3. Глибока інтеграція сенсорів: це критичний фактор, що дозволяє глибоко інтегрувати високочутливі датчики для структурного моніторингу та IoT-рішень (Інтернету речей). GFRP забезпечує перехід до справжніх "розумних структур".

Інтеграція, економічна доцільність та стратегічні рекомендації. Енергоефективність та інфраструктура "Розумного будинку":

1. Розумні елементи: інноваційні матеріали формують основу інфраструктури розумного будинку:

2. Теплоізоляція: сучасні утеплювачі (мінеральна вата, пінополістирол) критично важливі для оптимальної теплоізоляції, забезпечуючи економію енергії та зниження витрат на опалення (OPEX).

3. Безпека та комфорт: застосування вогнетривких та звукоізоляційних матеріалів підвищує загальну безпеку та комфорт мешканців.

Цифрова інфраструктура та збір даних: концепція "розумного будинку" передбачає ефективність, досягнуту інтеграцією цифрових систем:

1. Моніторинг: сенсори збирають дані про використання енергії та рівень зайнятості.

2. Аналіз: дані передаються у хмарні платформи (SaaS) для аналізу, що дозволяє експертам зменшувати експлуатаційні витрати (OPEX), наприклад, запобігаючи марнотратному освітленню.

Мережеве живлення (PoE): технологія Power over Ethernet (PoE) є ядром цифрової інфраструктури, забезпечуючи живлення та мережеве підключення

пристроїв (IP-камер, Wi-Fi) через мережевий комутатор. Це спрощує монтаж та знижує витрати на енергетичну інфраструктуру.

Економічна доцільність (CAPEX vs. OPEX) та стратегія:

1. Синергія виготовлення та експлуатації: хоча роботизовані лінії вимагають значних початкових капітальних витрат (CAPEX), стратегічна доцільність підтверджується суттєвим зниженням довгострокових експлуатаційних витрат (OPEX).

2. Зв'язок точності та ефективності: висока точність виготовлення (3D-друк або роботизація) значно спрощує монтаж внутрішньої інфраструктури (PoE, утеплювачі, вікна). Це забезпечує надійну інтеграцію сенсорів та максимізує зниження OPEX протягом життєвого циклу.

Ключові рекомендації для інвестицій:

1. Пріоритет гнучкості та якості: інвестувати в роботизовані виробничі лінії з технологією просторового 3D розпізнавання швів для забезпечення гнучкості та стабільної якості.

2. Стандартизація інноваційних матеріалів: комплексно інтегрувати GFRP та енергоефективні матеріали як необхідну передумову для безперешкодної інтеграції цифрових "розумних" систем.

3. Синхронізація інфраструктури: при проєктуванні виробничих ліній (CAPEX) враховувати необхідність інтеграції каналів для мереж PoE, щоб максимізувати зниження експлуатаційних витрат (OPEX) у майбутній "розумній" будівлі.

Висновки. Будівельна галузь переживає трансформацію від ремесла до інноваційних технологій, що обумовлено потребою у підвищенні екологічності, комфорту та оптимізації витрат. Інноваційні технології вирішують критичні виклики, включаючи скорочення матеріальних, енергетичних та трудових витрат, а також мінімізацію виробничих відходів. Таким чином, інноваційні технології – це не просто швидші методи будівництва, а стратегічна інвестиція в довговічність, енергоефективність та цифрову інтеграцію, що забезпечує значні конкурентні переваги на ринку.

Список використаних джерел

1. Найкращі 3D принтери для будівництва: інноваційні рішення для вашого проєкту. Режим доступу: <https://easy3dprint.com.ua/uk/3d-printeri-dlya-budivnitstva/>

2. Приховані герої: Як композити стали ключовим інгредієнтом у будівництві. Режим доступу: <https://armalitas.com/pryhovani-geroyi-yak-kompozyty-staly-klyuchovym-ingrediyentom-u-budivnycztvi/>

3. Що таке розумна будівля і яку користь вона може принести вам? Режим доступу: <https://fiberroad.com/uk/solutions/enterprise-ethernet/what-is-a-smart-building-and-how-can-it-benefit-you/>

4. Практичний приклад роботизованих виробничих ліній у тунельній арматурі. Режим доступу: <https://www.evsint.com/uk/case-study-on-robotic-production-lines-in-tunnel-rebar/>

**ЩОДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ НЕСУЧИХ ТА
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
З ХОЛОДНОФОРМОВАНИХ СТАЛЕВИХ ПРОФІЛІВ**

*Семко О.В., д.т.н., професор, Дроботя О.В., аспірант
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава*

Вступ. Несучими елементами легкого зовнішнього стінового огородження будівель слугують стінові прогони. Конструктивно такі стінові прогони являються горизонтальними балковими елементами. Зовнішнім навантаженням на стінові прогони є вертикальне навантаження від власної ваги стінового огородження та горизонтальне вітрове навантаження. Таким чином, стінові прогони працюють на згин в двох площинах або так званого в умовах косого згину. Широке застосування елементів, що працюють в умовах косого згину, вимагає всебічного теоретичного та експериментального дослідження їх роботи.

Метою роботи є розробка завдань та програми досліджень міцності та деформативності несучих та огороджувальних конструкцій з холодноформованих сталевих профілів.

Основна частина. Згідно поставленої мети роботи задачами дослідження роботи конструкцій з холодноформованих сталевих профілів є:

- дослідження навантажень та впливів на несучіта огороджувальні конструкції з холодноформованих сталевих профілів;
- розроблення рекомендації по удосконаленню антикорозійного захисту та підвищенню несучої здатності утворених з холодноформованих сталевих профілів сталезалізобетонних балок;
- розроблення методики анкерування обетування сталезалізобетонних балок з холодноформованих профілів;
- виконання експериментальних досліджень сталезалізобетонних балок з холодноформованих сталевих профілів;
- розроблення методики розрахунку несучої здатності та деформативності сталезалізобетонних фахверкових балок, виготовлених із холодноформованих сталевих профілів;
- порівняння результатів розрахунку та експериментальних досліджень балок, виготовлених із холодноформованих сталевих профілів.

Згідно сформульованих завдань досліджень побудовано структурно-логічну схему майбутніх досліджень, що показана на рисунку 1.

Згідно розробленої структурно-логічної схеми досліджень було розроблено конструкцію, виготовлено та випробувано серію сталезалізобетонних балок, виготовлених із холодноформованих сталевих профілів, що складалася із трьох груп по два зразки-близнюки в кожній групі. Додатково випробувані пусті сталеві зразки аналогічних розмірів [1].

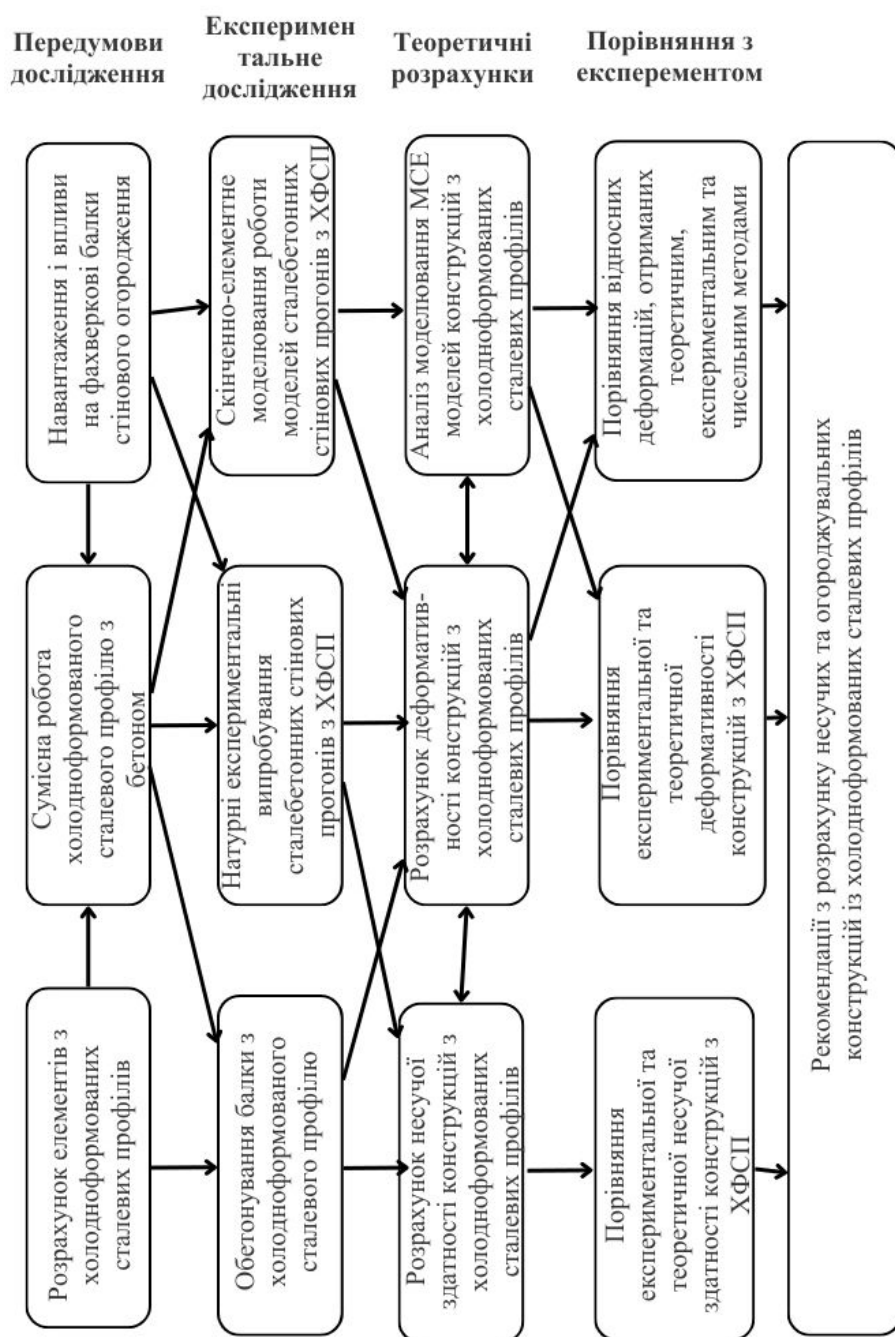


Рис. 1. Структурно-логічна схема досліджень несучих та огорожувальних конструкцій з холодноформованих сталевих профілів

Висновки. Проведені експериментальні дослідження сталезалізобетонних балок, виготовлених із холодноформованих сталевих профілів, показали підвищення міцності та жорсткості таких конструкцій у порівнянні із аналогічними сталевими, що дозволяє зменшити витрати сталі.

Список використаних джерел

1. Semko, O.V., Hasenko, A.V., Drobotia, O.V., Marchenko, D.P. (2022). Experimental studies of prestressed steel concrete wall girders. *Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 2 (59), 24-32. <https://doi.org/10.26906/znp.2022.59.2876>

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ШИН У БУДІВНИЦТВІ

Ярема У. В., студентка

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. З поширенням виробництва транспортних засобів перед людством постала проблема їх утилізації. Одним із найнебезпечніших залишків, що створюють глобальну екологічну проблему, є автомобільні шини – основне джерело гумових відходів. Хоча захоронення є недорогим і простим у впровадженні рішенням, зі зростанням масштабів автомобільного виробництва світ не справляється з обсягами відходів.

Офіційні документи Європейської асоціації з переробки шин (ETRA) зазначають, що щороку в Європі утворюється понад 3,5 мільйона тонн шин. Хоча за даними перероблюється близько 95% шин у країнах Європи, з яких половина йде на енергетичне використання, у світі все ще значно переважає кількість відходів.

Такі гумові відходи призводять до деградації ґрунтів та перенасичення їх токсичними речовинами, з яких вони виготовлені. Відпрацьовані шини належать до відходів четвертого класу небезпеки й розкладаються майже 100 років. Крім самих мономерів каучуків, під час розкладання вони також виділяють токсичні хімікати та канцерогени, що згубно впливають на здоров'я людини, викликаючи онкологічні захворювання. У повітря також надходять сполуки першого–третього класів небезпеки, які утворюються під час утилізації способом спалювання - часто несанкціонованого. Зокрема, спалювання відходів виділяє чадний газ, діоксид сірки, оксиди азоту, хлорид водню, бутадієн та інші токсичні ароматичні сполуки. За оцінками, спалювання 1 тонни відходів може викинути близько 450 кг отруйних газів і 270 кг сажі в атмосферу.

Такі несанкціоновані спалювання здійснюються підприємствами, оскільки піроліз є дорогим і економічно нестійким. Крім того, піроліз вимагає великих переробних заводів із високими експлуатаційними витратами та має обмежені можливості масштабного промислового застосування.

Беручи до уваги надлишкове утворення відходів шин, почали розробляти нові шляхи їх утилізації, серед яких - їх потенційне застосування в будівництві. Такі рішення не лише сприяють сталому розвитку, а й підтримують циркулярну економіку, поєднуючи відходи гуми з цивільним інженерним і будівельним секторами.

Основний матеріал дослідження. Гумові відходи приваблюють виробників своїми перспективними матеріальними властивостями, серед яких є стійкість, хороша ізоляція, низька щільність, низький ґрунтовий тиск, висока стикованість і добра дренажна здатність. Конструкція автомобільної шини включає сім основних елементів: протектор, ремені, боковики, каркас, внутрішню підкладку, борти та наповнювач борту.

При цьому головним матеріалом є гума, яка становить приблизно половину маси шини. Ця гума використовується у поєднанні з іншими матеріалами для отримання різних матриць та продуктів.

Одним з прикладів використання гумових відходів є асфальт. Для цього гуму з шин дроблять і спеціально обробляють, щоб краще змішуватись з іншими матеріалами. У таких випадках гумових відходи підвищують стійкість, еластичність і міцність асфальтобетонних сумішей до утворення тріщин, впливу води та температурних коливань. Також, при реакції з різними хімічними середовищами гума може набрякати, що покращує її взаємодію з матрицею матеріалів.

Окрім асфальту, навіть в такому загально використовуваному матеріалі як бетон є місце для можливої модифікації гумою в низьких концентраціях. У цьому випадку додавання частинок гуми спрямоване на підвищення довговічності, адже ці частинки еластичні й здатні легко деформуватися під дією напружень.

Гумові частинки не є гігроскопічними, тому вони забезпечують кращу стійкість бетону до проникнення води, а також до впливу іонів карбонізації та хлоридів, що особливо важливо для захисту конструктивних елементів, зокрема сталевих арматур. У більшості випадків спостерігається зниження теплопровідності та звукопровідності, що означає покращення тепло- й звукоізоляційних властивостей.

Попри те, що робоча здатність та більшість механічних характеристик знижуються зі збільшенням вмісту гумових гранул, ударна міцність зазвичай зростає. Це пояснюється тим, що еластичні частинки гуми здатні деформуватися й поглинати енергію перед руйнуванням. Нарешті, гума має меншу щільність порівняно з цементною матрицею, що забезпечує зменшення ваги конструкцій зі збільшенням її вмісту.

Крім будівельних матеріалів, відходи шин також можна використовувати для зведення будинків. Такі будівельні практики називаються Earthship і спрямовані на популяризацію місцево доступних перероблених, натуральних і відновлюваних матеріалів. Будівлі Earthship будуються з використанням перероблених алюмінієвих банок, скляних пляшок і відходів шин. Стіни цих будівель збудовані з ґрунтових відходів гуми, які виконують роль основної несучої конструкції і природно допомагають регулювати температуру в приміщенні.

Висновок. У сучасному світі, який не встигає відновлюватися від наслідків діяльності людини, неможливо заперечувати перспективність використання відходів шин. З дослідження можна сказати що додавання гранул гуми позитивно впливало на якість матеріалів – значно підвищувало еластичність, міцність та ізоляцію.

Така утилізація хоча і не є новою не використовується розповсюджено і потребує більше досліджень. Необхідно активніше працювати над

впровадженням подрібненої гуми у різні матриці, що дозволить підвищити загальну продуктивність матеріалів та розширити спектр їх застосувань.

Крім того, важливим завданням є розробка ефективніших методів роботи з гумою та її волокнами. Наразі такі технології створюються на основі різних механічних і фізичних процесів. Подолавши наявні проблеми, можна буде забезпечити повну переробку гумових відходів і розробити нові технології з низькою собівартістю.

Нарешті, потрібні подальші дослідження для пошуку нових напрямів застосування гуми у будівельній галузі, що сприятиме сталому розвитку та зменшенню екологічного навантаження.

Список використаних джерел

1. Шльончак, І. А. Утилізація автомобільних шин в українській перспективі / І. А. Шльончак, О. В. Батраченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : наук. зб. - Кропивницький : ЦНТУ, 2024. - Вип. 10(41). - Ч. 1. - С. 221-227.
2. А. Шльончак, О. В. Батраченко // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : наук. зб. - Кропивницький : ЦНТУ, 2024. - Вип. 10(41). - Ч. 1. - С. 221-227.
3. Хассан, М. Р. Застосування відходів шин у будівництві: шлях до сталого розвитку та циркулярної економіки / М. Р. Хассан, Д. Родріг. – 2025. – Неопублікований рукопис. – 12 с.
4. Іщенко, В. А. Хімічні перетворення зношених автомобільних шин у довкіллі /
5. Іщенко В. А., Березюк А. П. // Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2014. – № 2 (13). – С. 52-55. – Бібліогр.: 4 назви.

ВІХИ ЕПОХИ МОДЕРНІЗМУ: ПЕРШІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ УКРАЇНСЬКІ ЕЛЕВАТОРИ

Смоленська С.О., д. арх., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Мало хто знає, що перші залізобетонні елеватори, які демонстрували можливості нових будівельних технологій, надихали зачинателів модернізму на створення нової естетики в архітектурі. Вони захоплювали їх своєю функціональною обґрунтованістю та лаконічністю форм. Суворі геометричні висотні промислові споруди, втілені в передовому на той час матеріалі – залізобетоні, була близька Ле Корбюзьє, який писав у своїй книзі *Vers une architecture* («До архітектури») у 1923 році: «Таким чином, у нас є американські елеватори і заводи, чудові ПЕРШІ ПЛЮДИ нової епохи» [1, с. 224]. Фотографії силосів, як зразків синтезу конструкції, функції та форми наводилися в ранніх публікаціях провідних модерністів початку ХХ століття: Вальтера Гропіуса, Еріха Мендельсона, Бруно Таута.

У будівництві зернохранилищ бетон використовувався в Європі з 1890-х років. Американці розвинули європейські будівельні технології. У США перший залізобетонний елеватор був зведений у Міннеаполісі в 1899 році інженером С. Ф. Haglin із застосуванням інноваційного методу «ковзної опалубки», який значно прискорив терміни будівництва. Завдяки передовому методу зведення та переваг бетонних силосів (міцності, герметичності, вогнестійкості, надійному захисту зерна від гризунів) вони швидко поширилися по всій території штатів. Зернові елеватори "Буффало" - найбільш відомі з них (рис. 1).



Рис. 1. Зернові елеватори у місті Буффало, США. Сучасний стан, 2019.

Ресурс: <https://anirik-01.livejournal.com/2187015.html>

Основний текст. Передовий закордонний досвід було ретельно вивчено та впроваджено при будівництві перших українських силосів. На межі 1920-х і

1930-х років всього за чотири роки в українських портових містах – найважливіших центрах експорту зерна: Миколаєві, Херсоні та Маріуполі було зведено три колосальні бетонні елеватори. Експорт зерна був найважливішим джерелом доходу на той час. Він фінансував дорогий імпорт передових зарубіжних технологій, забезпечував оплату висококваліфікованих іноземних фахівців, без чого неможливо було здійснити прискорену індустріалізацію, що розгорнулася в Україні наприкінці 1920-х.

Американські рекорди швидкості зведення круглих елеваторів методом «ковзної опалубки» було побито вже в 1932 р. під час зведення Херсонського елеваторного комплексу, 66 веж якого (силосів діаметром 5,33 метра та висотою 30 метрів кожний) вітчизняні будівельники забетонували лише за 28 днів [2, с. 184]. На той час це були безпрецедентні терміни у світовій практиці.

Перший портовий елеватор в Україні ємністю 41 000 т було збудовано у Миколаєві у 1924 -1930 рр. Журнал «Полум'я» писав про цю подію у 1926 році: «Крім промислового значення, Миколаїв важливий ще як торговельний експортний центр. Звідси вантажиться на іноземні пароплави марганцева руда та хлібзерно. Прекрасний, зручний для стоянки океанських суден порт, географічно дуже вигідно розташований на річці Буг, неподалік Дніпро-бузького лиману <...> Для зручності експорту замість старого елеватора будується новий, значно більшої місткості і краще технічно обладнаний» [3]. Щоб забезпечити міцність фундаменту цього гіганта, у ґрунт було забито 4500 паль. Силосний блок, розташований впритул до робочої будівлі з боку, протилежного до причалу, включив 144 круглих силосу діаметром 4 метри і висотою 20 метрів кожен. Для укладання бетону використовувалася ковзна опалубка - метод, який тільки починав впроваджуватися в радянську будівельну практику. Навантаження зерна на судна здійснювалося самопливом по розвантажувальних трубах безпосередньо з робочої будівлі, витягнутої вздовж причалу.

Проект Херсонського елеватора було розроблено у 1929 р. Він відрізнявся від миколаївського удосконаленою технологічною схемою, потужнішим обладнанням та раціональним об'ємно-планувальним рішенням. Елеватор відстояв від берега на 100 метрів, уздовж якого тягнувся 250-метровий гранітний причал. Подача зерна здійснювалася транспортерними галереями.

Силосний блок, що складався з 66 круглих веж (6 рядів по 11 силосів), було розташовано на відстані 3 м від робочої будівлі, з'єднуючись з нею верхніми та нижніми галереями-переходами. Висота робочої будівлі склала 60 м – на 20 м вище за миколаївський аналог (2, с. 184). Херсонська міська адміністрація під час будівництва повідомляла: «Елеватор будується з використанням найновіших даних сучасної світової техніки. Він будується темпами, що не поступаються навіть американським» [4, с. 82-84].

Поруч із елеватором виникла група житлових будинків для співробітників (рис. 2). Їхні мінімалістичні фасади свідчать про модерністську стилістику.



Рис 2. Житлові будинки для співробітників Херсонського елеватора, збудовані у 1930-ті роки. Фото С. Смоленської, 2020

Елеватор було введено в експлуатацію 1 травня 1932 року. З того часу він безперервно функціонує у складі Херсонського комбінату хлібопродуктів. У 2001 році його початкова місткість у 46 600 т зросла ще на 40 000 т завдяки ждоданим до нього сучасним металевим силосам фірми BROK (США). Таким чином, до початку війни 2022 загальна місткість силосів комбінату становила 86 000 т. Елеватор оснащений універсальним обладнанням, що дозволяє одночасно приймати та відправляти сільськогосподарську продукцію автомобільним, водним та залізничним транспортом, а також проводити очищення та сушіння зерна. Його роботу було припинено лише у 2022 році через активні бойові дії в Херсоні.

У 1930-ті рр. ця промислова споруда вражала сучасників, формуючи новий, експресивний силует Херсона. Воно залишається найвищою вежею міста, формуючи його панораму з боку Дніпра (рис. 3).



Рис. 3. Херсонський припортовий елеватор. Фото С. Смоленської, 2020

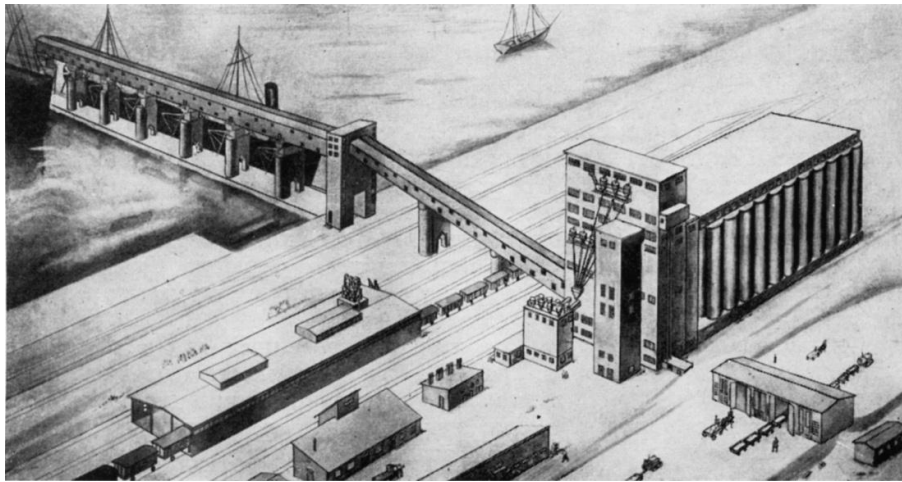


Рис. 4. Маріупольський портовий елеватор. Проект, перспектива, початок 1930-х років. [2, с. 186]

Наступним був елеватор у Маріуполі (1931-1933), за конструкцією схожий з херсонським, але з покращеним генеральним планом. Висунутий у море пірс дозволяв судам швартуватися і завантажувати зерно з обох сторін. Під час Другої світової війни Маріупольський елеватор був підірваний, робоча вежа повністю зруйнована, а пірс пошкоджений. Післявоєнна реконструкція повернула йому життя. До 2022 року він діяв у складі Маріупольського млинкомбінату з одноразовою потужністю зберігання зерна 40 600 т.

Висновки. Нині всі три елеватори – спадщина раннього українського модернізму – перебувають в одних із найнебезпечніших зон активних військових дій під загрозою руйнування. Їхня унікальність ще й у тому, що понад 90 років вони безперервно служать своєму призначенню, що свідчить про довговічність та функціональну виправданість цих передових споруд початку ХХ століття. Нинішні українські власники переконані, що головна цінність старих бетонних елеваторів – у конструктивній надійності та високій якості зберігання зерна. При серйозній реконструкції та своєчасному обслуговуванні вони зможуть прослужити ще багато десятиліть. Але не можна забувати, що вони є ще культурним національним надбанням. Визнання їхньої цінності на національному та міжнародному рівні, як матеріальних свідчень настання індустріальної епохи в історії цивілізації та країни, сприятиме їх збереженню, допоможе по-справжньому вплинути на їхнє майбутнє.

Список використаних джерел

1. Banham, R. (1986). *A concrete Atlantis: U.S. industrial building and European modern architecture, 1900–1925*. MIT Press.
2. Кулаковский А.Б., Федосеев В.В. (1966). *Элеваторы СССР*. М.: Издательство по строительству.
3. Б. (1926). Постройка элеватора в Николаеве. *Пламя*, № 6, С. 15.
4. Звіт про роботу Херсонської міської Ради VII склику за 1928/29–1929/30 (1931). Херсон, с. 82–84.

**PECULIARITIES OF CREATING A COMFORTABLE ENVIRONMENT
FOR CHILDREN WITHIN THE INFLUENCE ZONE OF THE SMALL
SOUTHERN RAILWAY**

*Usacheva E. Yu., PhD in Architecture, associate professor
Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson*

A concept is proposed for creating a “Mini-Disneyland”-type recreational complex near the terminal station of the Small Southern Railway in the Sokolnyky-Pomerky forest park. Recommendations are provided for shaping its planning structure with respect to the priority age groups of children who visit the children’s railway.

The issue of organizing recreation for children in Ukrainian cities is increasingly relevant under the new socio-economic conditions of the country’s development. The infrastructure for children’s recreation created at the end of the 20th century has been virtually dismantled and is no longer functioning.

At present, there is a need to create a comfortable environment for children by identifying the existing recreational potential. Such potential is offered by children’s railways operating in many Ukrainian cities. Their departmental affiliation enables them to function successfully under market-economy conditions; however, the organization of children’s recreation within their influence zones should be more effective.

In this context, new approaches to designing recreational environments for children are required.

An analysis of studies on this issue shows that both theoretical and practicing architects have addressed the formation of recreational environments for children. In most works, the landscape aspect of recreational facilities predominates.

The aim of this study is to provide recommendations for improving the formation of the recreational environment for children within the influence zone of the Small Southern Railway.

The Small Southern Railway performs not only an educational function but also a recreational one. Its passengers include children of all age groups as well as adults. Their recreational experience could be more engaging and diverse.

To achieve this, the Small Southern Railway requires reconstruction. It could become especially attractive if a “Mini-Disneyland”-type recreational complex were established on the premises of its terminal station, Lesopark.

Based on this aim, the following research objectives were defined:

1. To identify the priority age groups of visitors to the Small Southern Railway.
2. To develop a concept for creating a “Mini-Disneyland” recreational complex within the influence zone of the Small Southern Railway, supported by realistic design proposals.

To address the stated objectives and identify the specific features of forming a recreational complex in the Sokolnyky-Pomerky forest park, a dedicated questionnaire was developed for surveying visitors of the Small Southern Railway.

The questionnaire incorporated the traditional classification of childhood periods, namely: nursery age — 1-3 years; preschool age — 3-7 years; younger schoolchildren — 7-11 years; older schoolchildren — 11-15 years; adolescents — 15-17 years.

As a result of the sociological survey, the priority age groups of children were identified: 3-7 years and 7-11 years. Therefore, the children's recreational complex should necessarily include zones catering to these age groups.

In addition, the questionnaire included a question to determine the service radius of the children's railway.

Since the children's railway is located in a forest park, the formation of the recreational complex must take into account the specifics of organizing comfortable recreation for children in a natural environment.

The primary objective of children's recreation in a natural setting is, first and foremost, to create favorable microclimatic conditions, ensure active contact with nature, and organize a recreational environment that serves entertainment, health-promoting, and educational functions.

Therefore, in the architectural and artistic design of the children's recreational complex, it is necessary to ensure:

- a comprehensive approach to planning;
- consideration of the developmental characteristics of different age groups of children;
- the use of geoplastic elements, water features, and landscaping to create optimal recreational conditions for all age groups;
- originality and artistic expressiveness in the design of children's thematic zones;
- maximum use of visual and expressive design elements;
- a variety of equipment combined with landscaping for year-round use of the area;
- the creation of continuously green and flowering zones using meadows, lawns, rock gardens, alpine gardens, and similar elements;
- the use of light and color effects in the design of thematic zones, entrances, flowerbeds, and tree and shrub canopies;
- incorporation of national motifs in the design of the recreational environment;
- inclusion of sculptures in the complex, such as park art and animal-themed installations;
- technical equipment of the area, including diffuse and directed lighting, musical accompaniment for outdoor children's activities, celebrations, and entertainment.

The greatest attention in the formation of the recreational complex should be given to its equipment.

It is well known that children are highly sensitive to environmental influences. A space artificially created for children can, in one case, stimulate their development, while in another, it may act as a physical barrier to the expression of creativity and individuality, negatively affecting children's interactions within a group. When designing an environment for children, it is essential to rely primarily on pedagogical recommendations and to consider the characteristics of children's age-related development. This approach allows for the creation of an integrated spatial system that combines architectural and natural elements.

In this context, play equipment should support the child's desire for meaningful creative activity and contribute to the expansion of their horizons, as well as their intellectual and physical development.

A consistent trend in the design of children's play equipment is the use of zoomorphic and biomorphic motifs. Efforts to create an artistic image of the play environment are expressed not only through these motifs but also through other approaches, such as incorporating plots from children's fairy tales and characters from adventure literature, thereby engaging images that are beloved by children.

Forms and materials should harmoniously integrate with the natural environment. The creation of a Mini-Disneyland near the terminal station of the Small Southern Railway is planned in accordance with these principles of designing recreational complexes in natural settings.

One of the most important qualities of the proposed recreational complex is its multifunctionality, i.e., the ability to meet various play needs of children while considering their age-related development.

The planned children's recreational complex represents a compact recreational space with a clear layout structure and a variety of recreational equipment.

The conclusions of the conducted study can be summarized as follows:

1. It was established that the priority age groups of children visiting the Small Southern Railway are preschool children (3–7 years) and younger schoolchildren (7–11 years). Architectural and landscape design requirements for a comfortable environment within the influence zone of the children's railway should primarily consider the recreational needs of these age groups.

2. It was determined that, in accordance with the specifics of organizing children's recreation in a natural environment, the children's recreational complex should have a layout structure based on picturesque landscape planning. The central square and main avenue should serve as the functional and compositional core, linking all elements.

In accordance with children's play needs, the recreational complex should include the following zones:

- **Active play zone:** Can be located on one or multiple separate areas or clearings and should include equipment for children's physical development.

- **Thematic play zone:** Includes various playgrounds such as maritime, zoological, adventure, fairy-tale, etc. with climbing, crawling, sliding, and other play equipment, designed with a specific thematic artistic concept.
- **Fairy-tale zone:** Can be independent or combined with any other zone. Typically features decorative sculptures representing characters from children's fairy tales, designed for both visual appreciation and play activities.
- **Didactic play zone:** A localized area equipped with tables and chairs for creative and educational activities.
- **Landscape-recreational zone:** A landscaped area with small clearings providing visually interesting perspectives.
- **Administrative and utility zone:** Includes the administration building, preferably near the main entrance, and utility facilities for the maintenance of the recreational complex (storage, garages, workshops).

The developed “Mini-Disneyland” recreational complex, located in the Lesopark, incorporates all the zones described above and features a vivid artistic design that provides thematic sectors with a wide variety of equipment.

Such a recreational complex in an urban setting will contribute to the improvement of comfortable recreational opportunities for children within the influence zone of the Small Southern Railway.

List of sources used

1. Bondarchuk, Yu. S. Principles of designing children's play environments in public institutions (text): thesis... Candidate of Arts: 17.00.07/Bondarchuk, Yulia Sergeevna; Kharkiv State Academy of Design and Arts: Kharkiv State Academy of Design and Arts, 2017. 310 p.
2. Kryzhanovskaya N.Y. Children's railways of Ukraine: monograph/N.Y. Kryzhanovskaya, E.Y. Usachova. Kharkiv: Kharkiv National Academy of Architecture and Civil Engineering, 2008. 139 p.
3. Kryzhanovskaya N.Ya. Architectural design of landscape and recreational areas for children: textbook/N.Ya. Kryzhanovskaya.- Kyiv: ISDO, 1995.-92 p.
4. Planning and development of cities, towns, and functional areas. Improvement of areas: DBN B.2.2-5:2011/-[effective from 2012-09-01]/Ministry of Regional Development of Ukraine.-Kyiv:DP “Ukrarkhbudinform.” 2012-61 p.
5. State sanitary rules for planning and development of settlements: DSP No. 173-96.-[Effective from 1996-07-26, effective with amendments from 2019-03-07]/Ministry of Health of Ukraine.-Kyiv:1996

ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ ІНТЕР'ЄРІВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КУЛЬТУРНО- ПРОСВІТНИЦЬКИХ ЦЕНТРІВ

Григорчук Г. В., аспірант

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

Вступ. В умовах сьогодення особливого значення набуває ефективна організація вільного часу людини, стимулювання споживчої активності та залучення відвідувачів до публічних просторів. Сучасні центри дозволяють поєднувати як багатофункціональні комплекси, що поєднують відпочинок, комунікацію, розваги, навчання й торгівлю, забезпечуючи всебічне задоволення потреб людини.

Основна частина. В ході вирішення завдань при проектуванні інтер'єрів багатофункціональних закладів художньо-композиційні фактори розглядаються разом з функціональними аспектами простору, такими як легкість доступу та зручність використання. Це сприяє створенню не лише функціонального, а й атрактивного та комфортного середовища. Інтер'єр сучасного центру дозволяє являти собою набір організованих відповідно до функції об'єкта просторів, що зв'язуються між собою композицією та матеріалами архітектурної оболонки. Композиційні прийоми і засоби дизайну впливають на створення візуальної єдності всіх елементів простору закладів і сприяють формуванню якісного та гармонійного середовища. А саме: симетричні й асиметричні прийоми розташування, масштабність, контрастність, нюансність, метро-ритмічна організація, кольорові рішення та відповідне освітлення інтер'єру [1, с.153-154].

Основою для планувальної організації центру дозволяють за функцією є його багатофункціональність. Внутрішній простір такого закладу поділений на функціональні блоки, що об'єднані системою рекреаційно-комунікаційного каркасу, який забезпечує структурну організацію будівлі та формує позитивний психологічний мікроклімат. Сприйняття інтер'єру відвідувачем здійснюється через сукупність прийомів формоутворення, які забезпечують максимальну виразність просторових елементів з точки зору потреб і очікувань відвідувачів. Такі інтер'єрні рішення, засновані на використанні: ефектів освітлення; імітації природного середовища; різного ступеня відкритості і закритості простору; ефектів тектоніки; ефектів поєднання різноякісних фактур. Створення специфічного внутрішнього середовища громадських просторів в залежності від функції закладу позитивно впливає на відвідувачів та є балансом між різними видами рекреаційної, розвиваючої та розважальної активностей [2, с.118]. Типологічна класифікація сучасних центрів дозволяють за функцією дозволяє виділити кілька основних типів, одним з яких є культурно-просвітницькі заклади дозволяють, що включають багатофункціональні культурні центри, багатофункціональні музейні та виставкові простори.

Представником такого центру є, зокрема, культурно-діловий центр «Менора», що розташований в місті Дніпро (Рис. 1). Ключовим елементом об'ємно-просторової структури інтер'єру культурно-ділового центру «Менора» виступає галерея з просторими відкритими приміщеннями. Вона функціонує як комунікаційний коридор і забезпечує організацію руху відвідувачів усередині центру. Ритмічність інтер'єру галереї виявляється асиметричним розміщенням відтворених з єрусалимського каменю 12 барельєфів фасадів єврейських установ старого Катеринослава. Ритм також створюється через послідовне поєднання історичних і сучасних елементів та різних функціональних зон (крамниці, кафе, арт-центр, конференц-зал, готель та музей). У зоні входу до музею «Пам'ять єврейського народу і Голокост в Україні» навмисно змінено масштаби: простір звужується, лінії сходяться в центр, формуючи ефект вирви, який символізує трагедію Голокосту [3]. Галерея освітлюється поєднанням природного та штучного світла. Світильники, що розташовані вздовж коридору акцентують глибину простору та виконують функціональну роль. Природне світло, що проникає через прозорі входні та огорожувальні елементи, гармонійно пов'язує інтер'єр із зовнішнім середовищем. Інтер'єр переважно оформлений у м'яких бежево-піщаних та золотистих тонах, тоді як входна зона до музею виділена контрастним чорним гранітом. Додаткову контрастність інтер'єру забезпечує використання оздоблювальних матеріалів із різною фактурою [4].

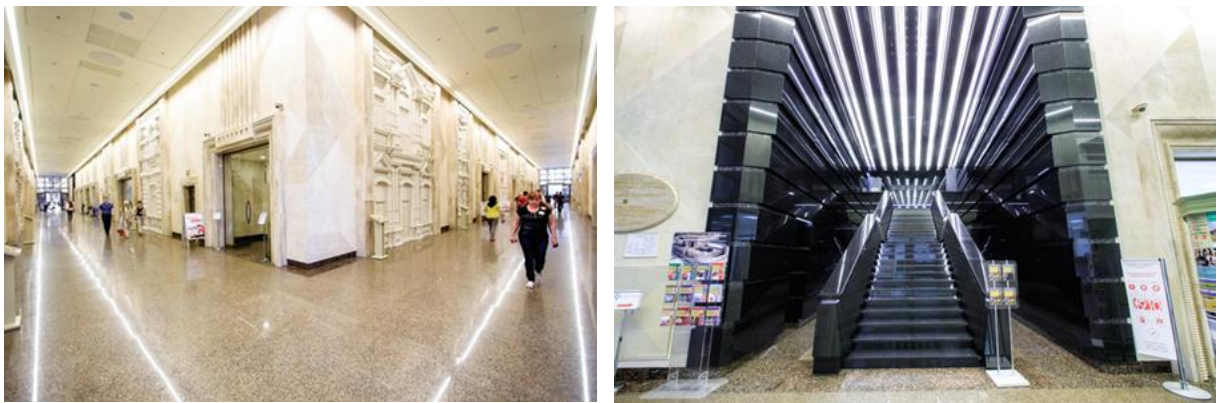


Рис. 1. Інтер'єри культурно-ділового центру «Менора», м. Дніпро, Україна, 2012 р.

Нову будівлю Угорського етнографічного музею Néprajzi Múzeum (Рис. 2) у місті Будапешт визначають як «...музейний простір для інтелектуально-культурного дозвілля» [5]. Об'ємно-просторова структура відкритого простору будівлі представлена кількома рівнями та включає наземну і підземну частини з гнучким плануванням. Простір функціонує як прохід, є вузьким і лінійним, що посилює відчуття занурення всередину, одночасно забезпечуючи плавний перехід від природного до штучного освітлення. Природне світло проникає через прозорі входні групи та фасадні елементи. Загальне освітлення м'яке, з акцентним підсвічуванням вітрин, яке не лише виконує функціональну роль, а й

підкреслює глибину простору. Колірна палітра виконана в спокійних бежево-сірих кольорах, нейтральних та стриманих. Чорний колір застосовано як акцент для виділення ключових елементів. Додаткові контрасти створюються завдяки використанню матеріалів з різною фактурою, таких як натуральний камінь, дерева різних порід і скло. Зонування формується за допомогою освітлення, матеріалів і розташування експозицій уздовж стін. Ритмічність простору забезпечується повторенням виставкових елементів, послідовністю вітрин та варіацією освітлення й оздоблювальних матеріалів [6].

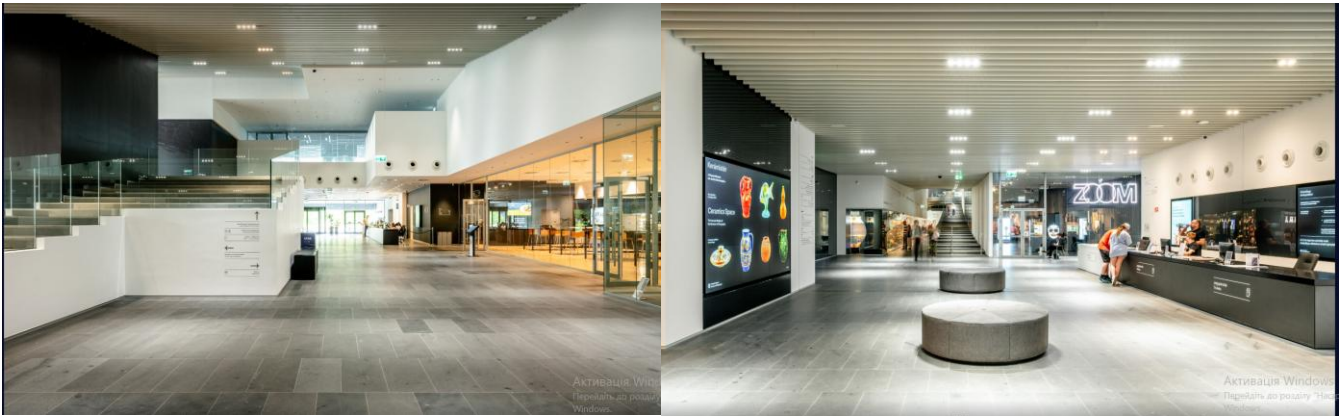


Рис 2. Інтер'єри простору культурного центру «Néprajzi Múzeum», м. Будапешт, Угорщина, 2022 р.

Розглянуті заклади мають спільні ознаки. А саме: спеціалізація, значущість для міського середовища, великі масштаби, загальнодоступність, орієнтація на різні вікові категорії відвідувачів та подібну структуру функціональних просторів. Дослідження джерел та аналіз реальних прикладів культурно-просвітницьких центрів дозволили виявити типові композиційні особливості інтер'єрів, які забезпечують одночасну функціональну ефективність і естетичну цілісність простору.

Просторові рішення сучасних культурно-просвітницьких центрів вирізняються гнучкістю, багаторівневою структурою та відкритою організацією з чіткими маршрутами відвідувачів і інтегрованими функціональними зонами. Зонування досягається через світло, матеріали та архітектурні елементи. Зміна інтенсивності та напрямку освітлення, розташування ключових вузлів і використання матеріалів з різними фактурами (дерево, скло, камінь) чітко структурують простір.

Композиційно простір будується на контрастах: кольорових (поєднання нейтральної палітри з акцентами) та фактурних (гладкі та шорсткі поверхні). Повтор архітектурних і інтер'єрних елементів формує ритм і полегшує орієнтацію. Поєднання природного та штучного освітлення виконує одночасно функціональну та емоційну роль, підкреслюючи глибину приміщень та виділяючи композиційні акценти. Емоційне навантаження формується через символічні елементи та матеріали, пов'язані з культурною спадщиною, що

сприяє створенню середовища для осмисленого сприйняття та інтелектуальної взаємодії відвідувачів із простором.

Висновки. У результаті дослідження виявлено, що композиційні характеристики інтер'єрів сучасних центрів дозволяють безпосередньо визначаються їх функціональною спрямованістю. Культурно-просвітницькі простори відзначаються відкритою та гнучкою організацією простору, чітким зонуванням, виваженим підбором матеріалів, освітленням і колористичними рішеннями, а також інтеграцією символічних елементів. Таке поєднання функціональної ефективності та естетичної цілісності забезпечує комфорт перебування відвідувачів і сприяє інтуїтивній орієнтації в середовищі.

Список використаних джерел

1. Абизов В., Сідорова А. Дизайн внутрішнього виставкового простору: композиційні прийоми і засоби. *Актуальні проблеми сучасного дизайну: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.*, м. Київ, 23 квітня 2020 р. Київ: КНУТД, 2020. в 2-х т. Т. 2. С. 152-155.
2. Трошкіна О. А., Лупіна А. В. Особливості архітектурно-планувальної організації центрів розвитку молоді. *Теорія та практика дизайну. Дизайн*. 2021. Вип. 24. С. 113-122. DOI: doi.org/10.18372/2415-8151.24.16298
3. Кулицька Т. У Дніпропетровську відбулася єдина архітектурна презентація нового багатофункціонального комплексу "Менора". Дніпровський інформаційний портал. URL: http://www.prodnepr.dp.ua/news.php?action=details&news_id=4878/ (дата звернення: 10.03.2025).
4. Офіційний сайт Menorah Center. *Menorah Center*. URL: <https://menorah-center.com/> (дата звернення: 06.03.2025).
5. Вахніна Л., Олійник М. Етнографічний музей у Будапешті: «Ми прибули». Музейний простір. Музеї України та світу. URL: <http://prostir.museum.ua/post/43334/> (дата звернення: 10.02.2025).
6. New Museum of Ethnography. Napur Architect Ltd. *Archello*. URL: <https://archello.com/project/new-museum-of-ethnography> (date of access: 08.11.2025).

НАПРЯМИ ІНЖЕНЕРНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ОДЕСИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ СТІЙКОСТІ ДО ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ОПАДІВ

*Коваленко Р. Ю. к.т.н., доцент, Жабченко С. М. студентка
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон,*

Вступ. Аномальні погодні умови, що спостерігалися наприкінці вересня, продемонстрували критичну вразливість міської інфраструктури Одеси. Протягом 24 годин у місті випало понад 94 мм опадів, що становить понад 220% місячної норми. Такий обсяг атмосферних опадів спричинив різке перевантаження системи зливової каналізації, що, у свою чергу, призвело до масштабних руйнувань і загибелі 9 осіб, включаючи одну дитину [1].

Метою дослідження є аналіз чинників, що сприяють формуванню ризиків затоплення міста під час екстремальних опадів, а також визначення інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи зливової інфраструктури та покращення відведення дощових вод.

Основна частина.

1. Геологічні особливості Одеси як фактор ризику підтоплення. Грунтовий покрив міста Одеси представлений переважно четвертинними континентальними відкладами (лесами) та лиманно-морськими утвореннями (пісками, глинами, алевролітами) [2]. Лесові породи мають каркасну структуру, яка легко водонасичується; при цьому ґрунт різко втрачає міцність, просідає, а за умов повного насичення може переходити у пливунний стан [2, 3]. Властивість просідання характерна також для глинистих порід і алевролітів. Деформації виникають у випадках, коли прикладене навантаження на водонасичений ґрунт перевищує сили зчеплення, що суттєво зменшує його несучу здатність.

Територія міста характеризується наявністю лагунних і морських терас, які є свідченням багаторічних коливань рівня моря [3]. Ці геоморфологічні структури формують складні умови водообміну та сприяють застою інфільтраційних вод.

Топографія Одеси відзначається значними перепадами висот — від 65 м на підвищених плато до 1–2 м над рівнем моря на приморських ділянках. За висотними зонами можна виділити найбільш вразливі до затоплення території. Станом на 2025 рік до них належать: вул. Вапняна, вул. Приморська, вул. Атамана Головатого, Великофонтанська балка (ділянка від вул. Довгої до вул. Рибальської балки), Балка Водяна, Аркадійська балка, мікрорайони Преображенський і Таїрова, а також західні частини Пересипського району та інші знижені території.

Одним із ключових чинників розвитку небажаних водних процесів у місті є високий рівень ґрунтових вод та їхня підвищена чутливість до сезонних і антропогенних змін. На понижених ділянках рівень ґрунтових вод становить

лише 0,5–2,0 м від поверхні, що значно підсилює ризики затоплення та розвитку деформацій ґрунтової основи [2].

2. Антропогенні причини підтоплення, пов'язані з будівництвом та інфраструктурою. Інтенсивна урбанізація міста призвела до істотного скорочення площ природних водопроникних поверхонь. Збільшення частки асфальтових і бетонних покриттів знизило здатність ґрунту поглинати опади, унаслідок чого обсяг природної інфільтрації різко скоротився. Вода, що раніше затримувалася та поглиналася ґрунтом, тепер у значно більших кількостях надходить до системи зливової каналізації або спрямовується у поверхневий стік [1].

Разом з тим, значна частина житлових масивів Одеси зводилась без урахування природних напрямків стоку дощових вод. У багатьох районах міста функціонує застаріла або неефективна зливово інфраструктура, а дренажні зв'язки є недостатніми або частково порушеними, особливо в історичних та старих забудованих кварталах. Важливу роль відіграє також руйнування природної дренажної системи — засипання ярів, балок і малих водотоків, що призвело до втрати природних каналів відведення води та посилення навантаження на штучні інженерні споруди [4].

3. Роль підходу інфраструктурного протипаводкового захисту в аналізі підтоплення Одеси. Підхід інфраструктурного протипаводкового захисту є ключовим у системному аналізі ризиків затоплення міста, оскільки охоплює комплекс інженерних та організаційних заходів, спрямованих на регулювання водовідведення, контроль рівнів ґрунтових і поверхневих вод та зменшення наслідків екстремальних опадів [5].

Важливою складовою водорегулювальної системи є підземна дренажна мережа, що включає тунелі та штольні 1960–70-х років, призначені для відведення ґрунтових вод до Чорного моря. Її протяжність понад 6 км забезпечує зниження ризиків підтоплення територій і будівель. Також на узбережжі функціонують протизсувні споруди, спрямовані на стабілізацію схилів та запобігання активізації зсувних процесів.

Не менш важливою є система зливової каналізації, що відводить дощові води з території міста. Колектори транспортують поверхневий стік до природних русел і моря, а їхній технічний стан контролює Управління інженерного захисту території міста, яке також координує аварійні заходи під час інтенсивних опадів. Останніми роками зростає увага до модернізації дренажних та водорегулювальних споруд відповідно до сучасних кліматичних викликів [5].

Втім, несвоєчасне обслуговування та недостатнє фінансування суттєво погіршили стан інфраструктури протипаводкового захисту. Зношеність зливової каналізації та дренажних мереж стала однією з ключових причин масштабних затоплень у 2025 році. У низці районів, зокрема Пересипу, окремі колектори працюють у режимі перевантаження або частково відсутні. Погіршенню ситуації також сприяло зниження якості очищення систем

водовідведення, що призводило до накопичення води на поверхні та утворення аварійних зон [1, 4].

Додатковим чинником ризику є ігнорування гідрогеологічних особливостей під час проєктування підземних споруд. У районах із високим рівнем ґрунтових вод це зумовлює локальні підпори, підвищення гідростатичного тиску та підтоплення підземних приміщень. Порушення природного водообігу спричиняє підняття рівня ґрунтових вод та розвиток деформацій ґрунтової основи, що становить особливу загрозу для старих районів міста [1].

Рекомендації. Події 2025 року засвідчили, що запобігти катастрофічним наслідкам було можливо за умови своєчасних превентивних заходів. Насамперед це стосувалося проведення повномасштабних інженерно-геологічних вишукувань, збереження природних дренажних шляхів — балок і ярів, — а також проєктування розгалужених зливових систем із резервною пропускною здатністю, здатних працювати в умовах сучасних гідрометеорологічних навантажень. У районах із високим рівнем ґрунтових вод актуальним було впровадження систем вертикального дренажу, тоді як забудова територій, складених лесовими породами, мала здійснюватися лише після попереднього зміцнення ґрунтової основи.

З метою мінімізації ризиків затоплення в майбутньому необхідно реалізовувати комплекс інженерних, інфраструктурних і містобудівних заходів, спрямованих на стабілізацію водного режиму міської території. Важливим напрямом удосконалення є забезпечення якісної інженерно-геологічної підтримки забудови, що включає створення детальних карт просадкових і водонасичених ґрунтів, а також організацію системного моніторингу рівнів ґрунтових вод. У зонах підвищеної небезпеки доцільно застосовувати методи ін'єкційного зміцнення, силікатизації та глибинного змішування ґрунтів.

Міська система водовідведення потребує глибокої модернізації — розширення та оновлення мереж зливової каналізації, будівництва резервних колекторів, а також впровадження поверхневих дренажних систем та інфільтраційних полів, що частково перерозподіляють дощові води й зменшують навантаження на інженерні комунікації. На етапі проєктування і будівництва необхідно забезпечити обов'язкове врахування результатів інженерно-геологічних вишукувань, особливо під час зведення підземних споруд. Будівництво паркінгів у районах із високим рівнем ґрунтових вод може здійснюватися лише за наявності надійної гідроізоляції та дренажу. Використання пермеабельних покриттів — дренуючої плитки, пористого асфальту, озелених тротуарів — сприятиме покращенню природної інфільтрації та зменшенню поверхневого стоку.

Додаткового ефекту можна досягти шляхом упровадження природоорієнтованих рішень: систем біофільтрації, водно-болотних ділянок, зон відновлення ґрунтової вологи, які стабілізують міський водний баланс. У сфері містобудування важливими є зонування низинних територій, контроль

забудови геологічно складних ділянок та обов'язковий облік прогнозованих кліматичних змін.

Окрім технічних рішень, необхідно забезпечити реалізацію організаційних заходів, зокрема впровадження сучасних систем раннього оповіщення населення, підготовку планів евакуації та алгоритмів реагування в умовах екстремальних опадів. Сукупність цих заходів, узгоджена з аналізом подій 2025 року, дозволить сформувати більш стійку, адаптивну та безпечну міську інфраструктуру, здатну протистояти сучасним та майбутнім гідрометеорологічним загрозам.

Висновки. Рекордна злива вересня 2025 року наочно продемонструвала вразливість міської інфраструктури Одеси до екстремальних опадів. Основними чинниками масштабних затоплень стали застаріла та перевантажена система зливової каналізації, руйнування природної дренажної мережі, а також недотримання вимог інженерно-геологічних досліджень під час забудови.

Комплекс природних особливостей міста — висока водонасиченість четвертинних і морських порід, наявність просадкових ґрунтів, значні перепади висот і урбанізаційні зміни — формують високий рівень водної небезпеки на значній частині території.

Для підвищення стійкості міського середовища необхідним є комплексний підхід, що поєднує інженерні, інфраструктурні, природоорієнтовані та містобудівні рішення. Модернізація зливової каналізації, розвиток дренажних систем, застосування пермеабельних матеріалів, деталізація інженерно-геологічних даних та впровадження систем моніторингу дозволять суттєво знизити ризики затоплень.

Події 2025 року стали важливим сигналом про необхідність стратегічного оновлення міської інфраструктури та інтеграції сучасних технологій у систему управління водним режимом Одеси.

Список використаних джерел

1. Потоп в Одесі 30 вересня 2025: чому затопило місто [Електронний ресурс] // 24 канал. – Режим доступу: https://24tv.ua/potop-odesi-30-veresnya-2025-chomu-zatopilo-misto-novini-odesi_n2925128 (дата звернення: 18.11.2025).
2. Хохрякова А. І. Генетичні особливості і систематика ґрунтів міста Одеси. – Одеса, 2015. – 240 с.
3. Ваганов В. А. Інженерна геологія : навчальний посібник [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmnd/vaganov_inzhenerna_geologiya/8.2.htm (дата звернення: 18.11.2025).
4. На порозі екологічного колапсу: стан системи каналізації Одеси [Електронний ресурс] // 1TV Одеса. – Режим доступу: <https://1tv.od.ua/2025/10/30/na-porozhi-ekologichnogo-kolapsu-stan-systemy-kanalizacziyi-odesy> (дата звернення: 18.11.2025).
5. Руйнівна злива в Одесі: кліматолог пояснила причини катастрофи [Електронний ресурс] // РБК-Україна. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/ruynivna-zliva-odesi-klimatolog-rozpovila-1759411826.html> (дата звернення: 18.11.2025).

ГЕОДЕЗИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ В КОНТЕКСТІ МІСТОБУДІВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Ковшаков С.О., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Сучасне містобудівне планування неможливе без комплексного підходу до використання територій, який забезпечує їх сталий розвиток. Цей підхід припускає інтеграцію економічних, екологічних та соціальних аспектів, спрямованих на збалансоване і раціональне використання ресурсів, задовольняючи потреби сучасного населення і одночасно зберігаючи можливості для майбутніх поколінь. Поняття сталого розвитку міст сьогодні є одним із ключових у світовій практиці містобудування і включає створення ефективних систем просторового планування, які враховують швидкі зміни клімату, урбанізацію, соціальні виклики та технологічний прогрес.

Ефективне управління простором та розробка планувальних рішень вимагають залучення сучасних геодезичних методів, які забезпечують отримання точних просторових даних. Геодезія, як наука про вимірювання і відображення земної поверхні, є фундаментом містобудівної діяльності, оскільки її методи сприяють не лише точному картографуванню, але й постійному моніторингу розвитку територій, контролю за забудовою, оцінці потенційних екологічних та техногенних ризиків, що виникають у процесі урбанізації. Висока точність геодезичних робіт дозволяє приймати зважені рішення стосовно використання земельних ресурсів, планування транспортної мережі, розподілу житлових, промислових і зелених зон, що є критично важливим для створення комфортного та безпечного міського середовища.

Крім того, сучасні технології дистанційного зондування і геоінформаційні системи як інструменти геодезії відкривають нові можливості для сталого розвитку міст, забезпечуючи оперативний аналіз змін територій, прогнозування негативних факторів і адаптацію планувальних рішень відповідно до потреб міської спільноти. У сукупності всі ці фактори посилюють роль геодезії як ключового компонента інтегрованого підходу до розвитку територій з урахуванням екологічних обмежень, економічної доцільності та соціальної справедливості [1, с. 10; 2, с. 45].

Основні геодезичні підходи у забезпеченні сталого розвитку міст. Однією з основних задач геодезії в містобудуванні є точне визначення меж земельних ділянок та міських територій. Кваліфіковане зонування дозволяє оптимізувати використання простору, запобігати конфліктам у землекористуванні і забезпечує ефективну організацію міських зон. Впровадження геоінформаційних систем (ГІС), які інтегрують дані топографії, інженерних мереж та екологічної обстановки, дає можливість здійснювати моніторинг змін та якісне просторове планування [3, с. 48; 4, с. 22].

Важливим інструментом для забезпечення якості моніторингу територій є застосування дистанційного зондування Землі за допомогою супутникових знімків і безпілотних літальних апаратів. Ці технології дозволяють оперативно

виявляти негативні природні та антропогенні процеси, такі як ерозія ґрунтів, підтоплення, забруднення чи несанкціонована забудова, що має ключове значення для підтримання екологічної стабільності міських територій. Висока швидкість отримання та обробки таких даних сприяє своєчасному реагуванню на екологічні загрози, створюючи умови для ефективного управління міськими ресурсами [3, с. 50].

Геодезичні дані також є фундаментом для проєктування міської інфраструктури різного призначення – транспортної, житлової, культурної та соціальної. Врахування специфіки рельєфу, гідрологічних характеристик і екологічних умов дає можливість мінімізувати ризики аварійних ситуацій, сприяє підвищенню безпеки та комфорту проживання. В умовах зростаючої інтенсивності кліматичних явищ геодезія забезпечує оцінку і прогнозування можливих стихійних лих, таких як паводки чи зсуви, що дозволяє впроваджувати превентивні заходи запобігання або мінімізації їх негативного впливу [1, с. 15].

Сучасні інтегровані геодезичні системи, поєднані з цифровими платформами і мобільними додатками, сприяють підвищенню прозорості та відкритості містобудівних процедур. Доступність і відкритість геодезичних даних дозволяє залучати громадськість до прийняття рішень, що підвищує рівень соціальної відповідальності та підтримку принципів сталого розвитку. Цей аспект набуває особливої актуальності в умовах інтенсивної урбанізації та зростаючого навантаження на природні ресурси міських агломерацій [2, с. 50; 4, с. 24].

Висновки. Геодезичні підходи є незамінним інструментом для реалізації стратегії сталого розвитку міст, оскільки дозволяють ефективно планувати, контролювати і управляти міськими територіями з урахуванням сучасних викликів урбанізації. Інтеграція геоінформаційних систем з традиційними геодезичними методами забезпечує високу точність, оперативність та прозорість на всіх етапах містобудівної діяльності. Такий комплексний підхід сприяє оптимізації використання територій, підвищенню екологічної безпеки та залученню громадськості до прийняття рішень, що є необхідними умовами для сталого і гармонійного розвитку урбанізованих територій.

Список використаних джерел

1. Чеканович М.Г. Геодезія у містобудівній діяльності: навчальний посібник / М.Г. Чеканович. – К., 2022. – 320 с.
2. Петров В.С. Основи просторового планування і геодезії / В.С. Петров. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 256 с.
3. Іваненко О.В. Геодезичні технології у забезпеченні сталого розвитку міських територій / О.В. Іваненко // Вісник архітектури і містобудування. – 2023. – Вип. 15. – С. 45-53.
4. Коваленко Ю.В. Впровадження геоінформаційних систем у містобудівне планування / Ю.В. Коваленко // Міське господарство. – 2024. – № 4. – С. 22-30.

МІСТОБУДІВНА РЕКОНСТРУКЦІЯ ПАРИЖА 1870 – 2025

Харламова Л.В., старший викладач

Херсонський державний аграрно - економічний університет, м. Херсон

Вступ. Образ "столиці світу" з широкими бульварами, характерними багатоярусними будинками та лінією дахів, Париж останнього покоління після реконструкції 1870 р., це справа рук Парижу барона Османа.

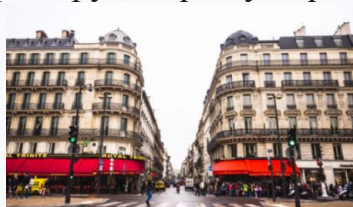
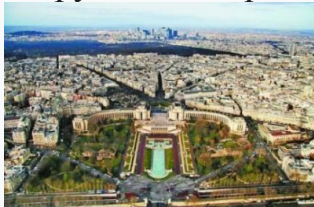


Фото 1, 2, 3. Париж після реконструкції 1870 року

У роки інтенсивного індустріального розвитку Франції і насамперед Парижа, населення міста зростало виключно швидкими темпами – за сімдесят років воно зросло майже вчетверо – з 0,55 млн. у 1800 році до близько 2 млн. у 1870 році. У деяких кварталах густота населення досягла 100 000 осіб на км² (1000 осіб/га).

Місто виявилось не придатним для такої великої кількості жителів: мережа вузьких кривих вулиць, щільно забудованих будинками, ускладнювала дорожній рух, а погані санітарні умови призводили до частих спалахів епідемій (епідемія холери 1832 забрала життя 20 000 парижан).



Фото 4,5,6. Париж до реконструкції 1870 року

Основна частина. У середині XIX ст. особливо гостро відчувалася необхідність реконструкції планувальної системи міста, яке не відповідало санітарним, транспортним та соціальним умовам. Швидке зuboжіння жителів центральних районів і, як наслідок, загроза політичної нестабільності послужили першопричиною задуманих у 1850 р. Наполеоном III та здійснених Османом перетворень. Діяльність Османа тривала 18 років з 1852 до 1870р.)

Найстаріша частина Парижа, острів Сіте, була майже повністю перекроєна префектом Османом. Між новими будинками було прокладено три прямі вулиці, що переходять у мости, що з'єднують острів з обома берегами Парижа.



Фото 7, 8, 9. Три основних цілі реконструкції Парижа – прямизна, симетрія, орієнтир

Мета містобудівної реконструкції Парижа 1870 року:

- витиснути пролетаріат з центральних кварталів і знищити найбільш вузькі вулиці, зручні для барикадних боїв, добитися транспортних покращень;
- зайняти вільні робочі руки і цим знизити безробіття у столиці;
- добитися деяких гігієнічних покращень, необхідних в умовах міста, що швидко зростає, побудувати нові будівлі з усією інфраструктурою (водою, газом, каналізацією). З цим завданням Осман цілком впорався – епідемії у місті різко пішли на спад і пробки прийшли в норму.

Для забезпечення руху транспорту Осман проклав широкі проспекти через квартали. На місці заплутаних вузьких вуличок, провулків та тупиків виникла геометрична мережа широких, прямих та світлих авеню та бульварів. Ширина бульварів доходила до 30 м, що було дивовижно для парижан.



Фото 10, 11, 12. Зміна забудови Парижа під час реконструкції 1852 – 1870 р.

У період реконструкції Париж одержав і новий вид житлової забудови. Будинки мали уніфікований зовнішній вигляд та вирішували питання соціального характеру. Ідея була в тому, різних соціальних верств.

Типовий будинок на типовій вулиці Османа:

- потужний цоколь комерційного призначення;
- другий "буржуазний" бельетаж з балконами та кам'яною обробкою;
- третій "чиновницький" та четвертий "робочий" поверхи з скромнішим оздобленням,
- п'ятий "студентсько-бідний" поверх з мансардою та єдиним балконом по периметру.

Всі будинки в кварталі замикаються брандмауерами в єдину стіну (ніяких закутків, проходів) і мають фасади в єдиному стилі. Дах з кутом 45%, і скіс тієї частини фасаду, що виходить на перехрестя, на 45%, якщо будинок кутовий.

Всі будівлі, що зводяться, – і в плані висоти (не більше 17,55 метра) і в плані стилістики – підпорядковувалися жорстким архітектурним правилам, а тому ставали однотипними.



Фото 13, 14, 15. Вулиця - стіна. Типовий будинок на типовій вулиці

У період діяльності Османа переміг «культ осі»: історичні межі тих чи інших пам'яток і самі пам'ятники нерідко приносилися в жертву новому плануванню.

В результаті прокладання нових вулиць:

- планування придбало чітку регулярну структуру, що складалася з 2 діаметрів, декількох концентричних бульварних кілець та зіркоподібних планувальних композицій;
- загальна довжина вулиць збільшилася вдвічі. Ширина вулиці регулювалася щодо висоти забудови;
- прямолінійність вулиць. Забудова суцільною стіною по червоній лінії, однаково вирішеними фасадами;
- збудовані набережні з широкою проїзною частиною та нижнім ярусом біля води;
- особлива увага приділялася озеленення та благоустрою міських територій було висаджено каштани, що підкреслюють симетричність оновленого міста.

З метою боротьби проти антисанітарії Осман також ініціював роботи зі створення парків та садів. Внаслідок цього з'явилися парк Монсурі на півдні, парк Бютт - Шомон – на півночі Парижа. У Венсенському та Булонському лісі були проведені роботи, щоб зробити їх зручнішими для прогулянок.



Фото 16. Озеленення та благоустрій



Фото17. Бульвар Османа у Парижі

У результаті реконструкції префект Осман зніс 60% історичного Парижа. За життя барона Османа люто критикували сучасники. Особливе невдоволення виражала французька інтелігенція, обурена руйнуванням історичного вигляду середньовічного міста.



Фото 19, 20. Старий Париж, квартал Маре, якого не торкнулася реконструкція

Завдяки роботі з реконструкції, проведеним префектом бароном Османом з 1852 по 1870 роки, Париж перетворився на елегантне, впорядковане місто, та придбав звання "Столиця світу".

Париж наших днів, постійно змінюється, відповідно до розмаху цих перетворень змінюється і все міське середовище. У центрі уваги сучасного етапу модернізації Парижа – інновації та екологія. На думку архітекторів розробників проекту реконструкції сучасного міста, Париж є уособленням проблем, з якими стикаються міста у всьому світі: забруднення навколишнього середовища, засилля автомобілів та «активне споживання».

В рамках розвитку Програми доступності для пішоходів у Парижі кардинально реконструюють площі та сквери, з цією метою розроблено 7 проектів перепланування. Зміни почались ще на площі Республіки у 2013 році. Замість автомобільних доріг з'явилися озеленена та упорядкована малими архітектурними формами пішохідна площа. Кожен з розроблених проектів передбачає переформатування громадських просторів, з метою збільшення площі для пішоходів принаймні до 50% від загальної.



Фото 21, 22. Створення зеленої інфраструктури та доступних пішохідних зон

Сучасний Мер Парижа Анн Ідальго дала «зелене світло» проекту з перепланування та реконструкції найвідомішого проспекту французької столиці – Єлисейських Полів. За останні 30 років легендарний проспект втратив свою пишність, і парижани починають уникати його, воліють інші місця для прогулянок. Головною метою проектів реконструкції - створення зеленої інфраструктури, доступних пішохідних зон, збільшення кількості велосипедних доріжок, міських парків, зелених насаджень та громадських місць. Після реконструкції Єлисейські Поля перетворяться на «незвичайний сад».

Висновки. Позитивні досягнення містобудівної реконструкції 1870 року отримували подальший розвиток при проведенні модернізації в сучасному Парижі. Сучасний етап модернізації Парижа це зменшення наполовину простору для автомобілів, перетворення доріг на пішохідні та зелені зони, а також оздоровлення екологічної обстановки у місті.

Список використаних джерел

1. <https://www.france.fr/ru/article/9-arhitekturnykh-proektov-kotorye-preobrazhat-parizhe/#--8>
2. https://house.24tv.ua/parizhi-kardinalno-pereplanuyut-ploshhi-skveri-ostanni-novini_n1470315
3. https://house.24tv.ua/parizhi-kardinalno-pereplanuyut-ploshhi-skveri-ostanni-novini_n1470315
4. <https://nashkiev.ua/news/eliseyskie-polya-v-parizhe-pereplaniruyut-i-prevratyat-v-neobyknovennyi-sad>

ВЕЛИКИЙ ЄГИПЕТСЬКИЙ МУЗЕЙ У ГІЗІ – НОВЕ ДИВО СВІТУ У ТІНІ ПІРАМІД

*Харламова Л. В., старший викладач; Бурлака Д.В., здобувач освіти
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Архітектурне бюро Heneghan Peng Architects оголосило про завершення робіт над Великим єгипетським музеєм поблизу пірамід Гізи. Автор проекту архітектор з Ірландії Роїсін Хенеган. Проект, розроблений ще 2003 року. Повноцінне відкриття відбулося 1 листопада 2025 року.



Фото 1, 2, 3. Проект Великого єгипетського музею у Гізі. Арх. Роїсін Хенеган

Будівництво Великого єгипетського музею (GEM) у Гізі відрізнялося величезними масштабами, багаторічною тривалістю та впровадженням сучасних екологічних технологій. На сьогодні це найбільший археологічний музей світу, присвячений одній цивілізації.

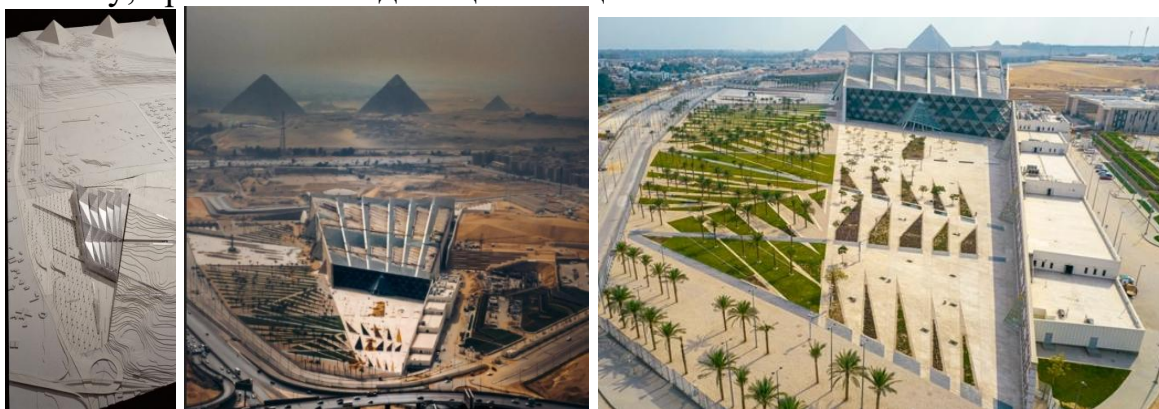


Фото 4, 5, 6. Генплан Великого єгипетського музею

Будівля площею 81000 м² виконана у формі клина, який узгоджується із силуетом трьох розташованих поруч величних пірамід. Усередині музею розміщено понад 100 000 артефактів, серед яких 5000 предметів із гробниці Тутанхамона.

Основна частина. Побудований Єгипетський музей розташований на краю пустельного плато Гіза всього за два кілометри від Великих пірамід. Це місце було обрано для створення візуального зв'язку між новим сучасним музеєм та стародавніми пам'ятниками, але це наклало суворі обмеження на проектування та будівництво з метою збереження історичного ландшафту місцевості.

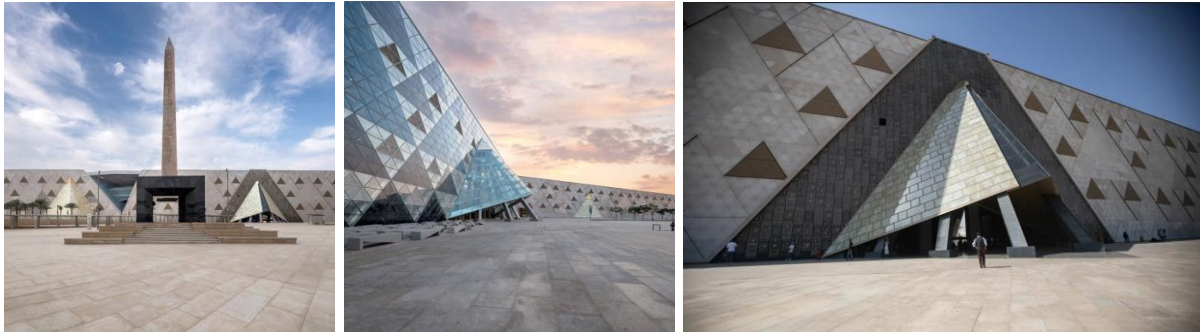


Фото 7, 8, 9. Фасади Великого єгипетського музею

Це місце визначається 50-метровим перепадом рівнів, перепад утворився в той час коли , Ніл прокладав собі шлях крізь пустелю до Середземного моря. Рельєф визначено геологічним станом, який формував Єгипет понад 3000 років.

Планувальне рішення будівлі музею використовує різницю рівнів між долиною Нілу та пустельним плато для створення нового «краю» долини . Музей розташований між рівнем долини Нілу та плато, ніколи не піднімаючись над ним.

Музей задумано як культурний комплекс заходів, присвячених єгиптології, і матиме 24 000 м² постійної виставкової площі, дитячий музей, конференц-зали та навчальні приміщення, великий центр охорони природи та просторі сади на ділянці.



Фото 10. Інтер'єри музею



Фото 11. Візуальна вісь до піраміди

Спроектована архітекторами тривимірна структура, яка пов'язана набором візуальних осей від ділянки до трьох величних пірамід, визначає каркас, в якому розташований музей. У виразному архітектурному образі будівлі нового музею враховано все від загального масштабу ділянки до найдрібніших деталей.



Фото 12,13. Ієрогліфічні прикраси на стінах Великого Єгипетського музею
Фото 14. Інтер'єр музею і статуя фараона Рамсеса II

Фасад музею з напівпрозорими алебастровими стінами нагадує піраміди Гізи.

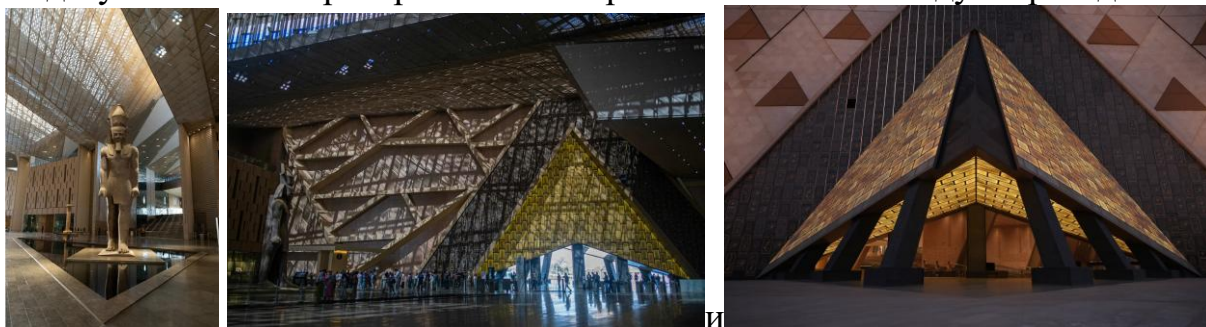


Фото 15,16,17. Інтер'єри музею

Великі Сходи, які мають 6 рівнів – це хронологічний маршрут, присвячений трьом темам – Суспільство, Влада та Вірування. Сходи ведуть через різні етапи історії династій єгипетських фараонів. На найвищому рівні сходів відкривається краєвид на піраміди Хефрена, Хеопса, та Менкаура.

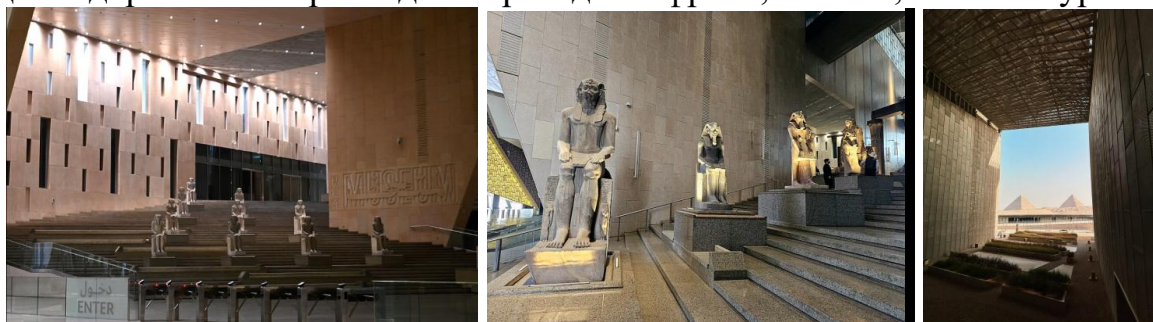


Фото 18,19. Великі сходи

Фото 20. Краєвид на піраміди

Чітка організація музею забезпечується великим простором, але водночас дозволяє гнучкі режими експонування.

Особлива увага приділена дизайну фасаду та інтер'єрів, де використовується природне світло для створення особливої атмосфери та підсвічування експонатів. Природне освітлення модулюється та контролюється складками даху.

Новий музей поєднує в собі найновіші наукові досягнення з передовими реставраційними технологіями, а спосіб представлення робіт відповідає останнім вимогам музеографії. В одному із залів відтворено похоронну камеру зі сценами, що зображують докільця та побут стародавніх єгиптян, завдяки технологічному пристрою на стінні розписи гробниці оживають.

Паркова зона музею має 50 га та відображає перехід від долини Нілу до пустелі. У нижній зоні висаджено фінікові пальми, які створюють особливий мікроклімат і знижують температуру повітря на 3-4°C, також висаджені священні для стародавніх єгиптян сикомори - Деревя Життя. Верхня зона має пустельний ландшафт. Водні елементи у головному внутрішньому дворіку створюють відчуття прохолоди.

Покрівля музею класифікується як «п'ятий фасад», оскільки вона проглядається з вершин пірамід. Покрівля виконана у вигляді складчастої оболонки з попередньо напруженого залізобетону. Геометрія покриття імітує

пустельні дюни, що досягається використанням площин з різними нахилами.

Конструктивна схема базується на системі балок великого прольоту, що дозволяє перекривати простір вхідної групи (до 40 метрів) без проміжних опор. Складчаста структура даху виконує терморегулюючу функцію: кут нахилу площин сприяє відбиванню сонячних променів.

Вентильований прошарок у покрівлі та висока термічна інерція бетону стабілізують температуру всередині, знижуючи навантаження на системи кондиціонування.

Великий єгипетський музей це будівля, яка по суті є щільно ізольованою бетонною коробкою, ізольованою від сонячного випромінювання як напівпрозорою стіною вхідного фасаду, так і хвилястим металевим сітчастим дахом, що запобігає провідності між цими зовнішніми елементами та самим музеєм. Це означає, що хоча температура даху та фасаду може перевищувати 70°C під палючим пустельним сонцем, самі галереї залишаються на рівні близько 23°C.

Оскільки більшість артефактів у музеї походять від сухого єгипетського клімату, їх не потрібно зберігати з використанням інтенсивного кондиціонування повітря. Розробники застосували низько енергетичну витяжну вентиляцію з розподільчими системами, інтегрованими в стіни та підлогу.

Такий підхід підтримує сприятливе комфортне середовище як для відвідувачів, так і для збереження цілісності стародавніх творів мистецтва з мінімальними енерговитратами. Дуже чутливі або цінні експонати зберігаються у мікрокліматичних футлярах.

До передових технологій, використаних у проектуванні у будівництві, належать: застосування пасивних систем охолодження (використання вітру), систем оптимізованого освітлення, а також використання сонячної енергії для зниження енерго- та водоспоживання.

Висновки. Новий побудований Великий єгипетський музей в Гізі є прикладом сучасної монументальної архітектури, що вирішує завдання співіснування нового з історичним контекстом. Будівля спроектована з акцентом на екологічність, використання інноваційних матеріалів, конструкцій та технологій забезпечує енергоефективність та стійкість в умовах жаркого клімату. Очікується, що комплекс споживатиме на 60% менше енергії та на 34% менше води в порівнянні зі звичайними будинками аналогічного розміру.

Список використаних джерел

1. Buro Happold Engineering. The Grand Egyptian Museum: Engineering a modern monument. Buro Happold Official Report. 2023. [Електронний ресурс] URL: <https://www.burohappold.com/projects/grand-egyptian-museum/>
2. Heneghan Peng Architects. (n.d.). The Grand Egyptian Museum. Офіційний сайт архітектурного бюро. URL: <http://www.hparc.com/work/the-grand-egyptian-museum/>
3. ArchDaily. (2023). The Grand Egyptian Museum / Heneghan Peng Architects. Детальний архітектурний огляд, плани та розрізи. [Електронний ресурс] URL: <https://www.archdaily.com/1035595/the-grand-egyptian-museum-fully-opens-completing-gizas-new-cultural-landmark>

ПОВОЄННЕ ВІДРОДЖЕННЯ ХАРКОВА

Концепція фонду Н. Фостера

*Харламова Л.В., старший викладач; Попова Є.С., здобувач освіти
Херсонський державний аграрно-економічний університет м. Херсон*

Вступ. Після війни відновлення зруйнованих українських міст буде непростим процесом. Міністерство розвитку громад та територій України у квітні 2022 р. розробило проекти рекомендацій щодо планів відновлення міст та населених пунктів. З проханням надати підтримку у подальшій діяльності у цьому напрямку Міністерство звернулось до Європейської Економічної Комісії ООН (ЄЕК).

У відповідь на цей запит ЄЕК ООН створила Цільову групу **#UN 4**, до якої зараз входять понад десяти агентств ООН, включаючи Постійного координатора ООН в Україні, та зокрема, ЮНІСЕФ.

Один з кроків до цього – створення нових генеральних планів міст у співпраці з ЄЕК ООН (UNECSE) та зарубіжними архітектурними бюро. ЄЕК ООН та її партнери вибрали лозунг «Відновити краще, ніж було» (Built back better), що означає не тільки відновлення зруйнованих війною об'єктів, але і створення можливостей для покращення міського середовища та моделей містобудування.

Це також включає створення умов для довгострокового розвитку населених пунктів і залучення інвестиції.

Європейська економічна комісія – ЄЕК ООН і фонд Н. Фостера ще у 2021 році підписали угоду про співпрацю у просування стійкого житла та екологічно чистих міст. Центром передового досвіду ЄЕК ООН є фонд Н. Фостера, а також One Works «Одне діло», що співпрацює з університетом LIUC.

Досвід One Works включає створення Майстер – планів, проектування функціональних зон, розробку генпланів і проектування аеропортів і залізничних станцій по всьому світі.

Основна частина. При виборі міст – «кандидатів» для участі у проєкті були враховані такі чинники – запит місцевих органів влади на зміни, їх інтерес та готовність до співпраці з міжнародною командою спеціалістів, стан технічної документації та баз даних. Крім Харкова у проєкті взяло участь місто Миколаїв.

Харків є одним із найбільш постраждалих від військових дій міст України. Зруйновано чи пошкоджено більше 5 т. будівель, зруйновано ТЕЦ, пошкоджено інженерні мережі, частина лікарень, більше половина шкіл та половина дитсадків. Загальні збитки, завдані місту, оцінюються у сумі близько 10 мільярдів доларів.

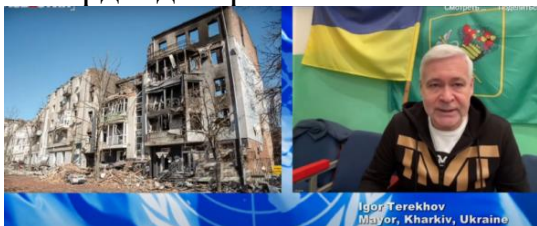


Рис.1. І.Терехов на форумі мерів в Женеві Рис. 2. Н.Фостер – обговорення генплану

У жовтні 2023 на форумі мерів в Женеві І. Терехов звернувся до міжнародної спільноти з проханням допомогти відновити місто Харків. Норман Фостер, погоджуючись на участь у роботі спільно з найкращими архітекторами та спеціалістами, відзначив, що «цікаво працювати з Харковом – це незвичайна комбінація культури, науки та промисловості». Під час реконструкції будуть збережені не лише всі історичні особливості міста, а й реалізують кращі світові проекти. Буде збережено культурний Код Харкова.

Для досягнення цілей була сформована робоча група **# UN 4**, що включає представників 16 агенств ООН та інших міжнародних організацій, а також іноземних та українських фахівців з області архітектури, планування, аудита. Реалізацією проектів під егідою Мерії Харкова займається Фонд Нормана Фостера, розташований у Мадриді, та компанії Arup (Аруп), що базується в Берліні. До роботи залучені й місцеві архітектори Харкова. Norman Foster Foundation і Arup Berlin очолюють експертну групу **#UN4 Kharkiv**.

Лорд Норман Фостер – всесвітньо відомий архітектор, його проектне бюро Foster + Partners є найбільшим у Великій Британії та має філії по всьому світі. Об'єкти Н. Фостера, виконані зі скла, сталі, бетону – Хмарочос у Лондоні; Акведук на півдні Франції; Еко - парк штаб квартири Appel у Каліфорнії, відрізняються багатофункціональністю, відкритим простором, унікальними технічними рішеннями. Поряд з будівництвом нових споруд, прикладом реконструкції історичних будівель служить встановлення купола над будівлею Рейхстагу в Берліні.

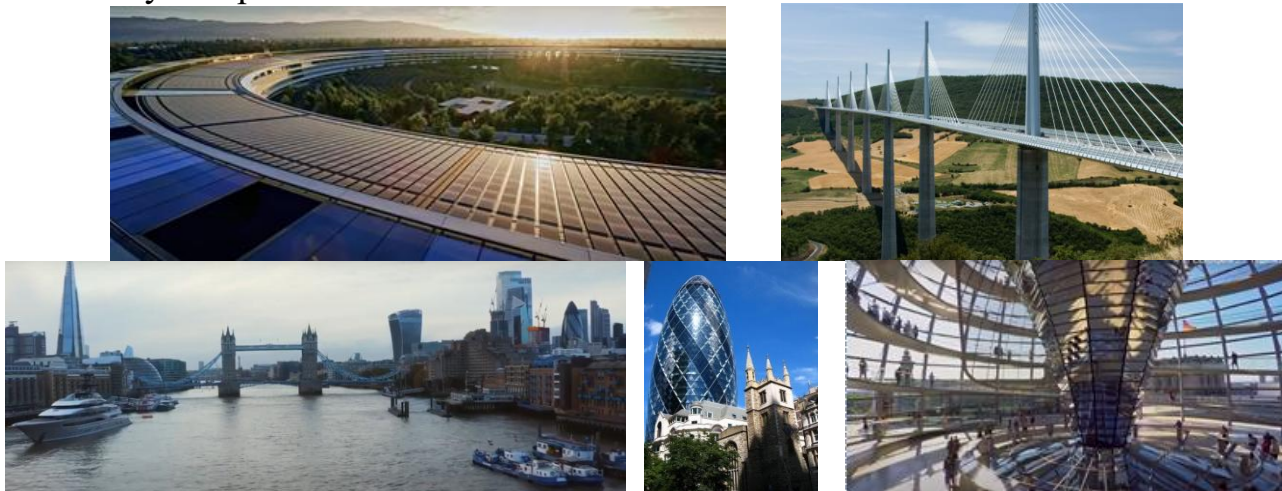


Рис. 2. Штаб квартири Appel у Каліфорнії. Акведук на півдні Франції

Пілотний проект **#UN4 Kharkiv** включає розробку нового генплану міста та його реалізацію через 5 проектів. В результаті буде створено не лише головний містобудівний документ, але й конкретні об'єкти, такі як житлові квартали, громадський простір та озеленені зони.

Крім того, проект передбачає допомогу у залученні інвестицій та пошуках донорів для реалізації запропонованих рішень. Усі дослідження та роботи виконуються на експертами на безоплатній основі. План базується на кількох пілотних проектах, вибраних при участі самих харків'ян та розроблених на основі **14** принципів.

5 пілотних проектів: Спадщина; Річки; Промисловість; Житло; Наука.

5 загальноміських стратегій: Транспорт, Енергія, Вода, Природа, Економіка.

У рамках проекту «Спадщина» у центрі міста буде створено історичний архітектурний ансамбль, який дозволить вдихнути нове життя у старі будинки та використовувати прилеглі території у якості зон громадського використання.

Проект «Річки» передбачає перетворення 6 кілометрової лінії між річками Харків та Немишля на екологічну зону з пішохідними та вело-доріжками. Планується також з'єднати їх із загальною міською мережею велосипедних доріг.

У рамках проекту «Промисловість» вугільний комбінат перебудувати у центр чистої енергії - започаткувати процес модернізації промисловості Харкова.

Проект «Наука» передбачає перетворення наукового потенціалу міста, розвиток високих технологій та стартапів.

Передбачається, що масштабна реконструкція перетворить Харків у центр інновацій, технологій і урбанізму, а також залучить до процесу відбудови міста талановитих спеціалістів не тільки з усієї України, але і з інших країн світу.

Генеральний план включає такі елементи:

- науковий квартал;
- зелені зони, поєднані з житловими мікрорайонами;
- нову не багатоповерхову забудову: будинок у 6-7 поверхів з підземними паркінгами, з автономними системами опалення та водопостачання;
- ІТ- кластер;
- університетські містечка.



Рис. 3. Особливий акцент на науці у генеральному плані відбудови міста

Після детального аналізу існуючої ситуації, прийнято рішення про те, що найкращім місцем для створення «Технічного кварталу» є територія ринку Барабашово. У плані створити місце з Університетом, житловими будинками, з озелененими місцями відпочинку та ринком. Розвиток високотехнологічної промисловості, Центром дослідження стане основною (поштовхом) для відновлення індустріалізованої бази міста.



Рис. 4. Будівництво однієї із споруд в «Технічному кварталі» планується виконати за проектом Н. Фостера

Також генпланом відновлення Харкова передбачено перетворити територію між річками Харков і Немишля під пішохідний та велосипедний простір.

На першому етапі основне завдання – відбудова житла.

По даним міського голови І. Терехова 80% існуючого житлового фонду – це багатоповерхівки радянського періоду, які будуть модернізовані за рахунок утеплення та влаштування модульних надбудов.

Перше півріччя 2023 року виконувався містобудівний моніторинг для формування програми подальших дій, було проведено опитування 16 тисяч жителів. Матеріали моніторингу розміщені на VEB- порталі, передбачена можливість обговорення із громадськістю всіх проектних розробок.

Запланована робота з реконструкції наблизить житловий фонд до європейських стандартів, зробивши житло енергоефективним, при цьому виконання робіт можливе без відселення мешканців.



Рис. 5. Головний критерій для житлової та соціальної структури – безпека (і зручність)

Усі житлові та громадські будівлі мають бути забезпечені укриттям, а об'єкти інфраструктури – паркінгами.

На даний момент місцева влада, країни-партнери, міжнародні організації та донори працюють над відновленням Харкова.

Над питанням післявоєнного відродження Харкова працюють три групи:

- представники бюро Фостера;
- харківські архітектори, які представляли проекти на інвестиційному форумі;
- група платформи «Відкритий інститут Харкова».

Висновки. Пілотні проекти післявоєнного відродження Харкова UN4 Kharkiv Norman Foster Foundation є першим кроком до відновлення міст і дозволяє впровадити реконструкції, методи та підходи на практиці. Отриманий досвід буде оцінений за ефективністю прийнятих рішень.

Надалі цей досвід може бути застосований для відновлення інших зруйнованих міст України.

Список використаних джерел

1. <https://birdinflight.com/architectura-uk/20220527-norman-foster.html>
2. <https://oksagen.ua/novosti/proekty-po-vostanovleniyu-ukrainskih-gorodov-vybran-nikolaev-i-harkov>
3. <https://www.sq.com.ua/rus/novosti/04.10.2023/terexov-prizyvaet-mir-pomoc-otstroit-xarkov>

РЕВІТАЛІЗАЦІЯ В СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ: ПЕРЕТВОРЕННЯ BATTERSEA POWER STATION НА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ГРОМАДСЬКИЙ ЦЕНТР

Чепіль Р. Д., здобувач першого бакалаврського рівня вищої освіти,

Григорчук Г. В., асистент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У сучасній архітектурній практиці значна частина нових проєктів орієнтована на забудову пустирів, що нерідко зумовлює надмірну щільність забудови та дефіцит громадських просторів, а також породжує економічні, соціальні й екологічні проблеми. Ревіталізація є ефективним методом покращення інфраструктурної та соціокультурної функції населених пунктів. На прикладі відновленої споруди вугільної електростанції Battersea Power Station розглядається досвід її ревіталізації.

Основна частина. Однією з актуальних проблем сучасної архітектури є занедбаність, природна або штучна зруйнованість культурно важливих будівель, збудованих протягом останнього століття. Адаптивне повторне використання дозволяє вирішити цю проблему за допомогою методів реставрації, реконструкції, реновації та ревіталізації.

Ревіталізація є комплексом дій, спрямованих на протидію занепаду урбанізованого простору. Вона орієнтована на великі деградовані міські території, що не здатні до самовідновлення, з метою повторного включення таких площ до міського організму. В широкому розумінні, ревіталізація (від лат. “re” – відновлення, “vita” – життя) в галузі архітектури – адаптивне використання територій, будівель, споруд, тобто процес відбудови та оживлення міського простору. Під час ревіталізації виконується комплекс робіт, що передбачає збереження архітектурного вигляду будівель зі створенням внутрішнього наповнення й інтер’єрів та інженерно-технологічного обладнання, відповідно до сучасних норм і вимог, водночас частково або повністю замінюючи функції об’єкту [1, с. 66–67; 2, с. 362].

Реновація будівель є близьким поняттям. Його сутність полягає у відбудові існуючих застарілих споруд для їх покращення: замінити фасади, екста інтер’єр, підвищити продуктивність роботи, зробити більш привабливими в економічному плані, при цьому залишаючи функціональний аспект будівлі незмінним.

Ревіталізація та реновація уподібнюються за своєю метою, проте ревіталізація в умовах сьогодення є більш затребуваною, через те що численні споруди більше не використовуються саме через застарілі функції.

Подібні перетворення промислових зон та їх адаптація в сучасному міському середовищі є важливими аспектами сталого розвитку міст. Це

відбувається завдяки створенню екологічно стійкої інфраструктури та громадського простору, зменшенню забруднення, впровадженню енергоефективних технологій, відновлюваних джерел енергії та екологічно безпечних практик. Економічна ефективність полягає у стимулюванні міського розвитку: залученню інвестицій, створенню робочих місць та розвитку культурних і туристичних секторів. Соціальні аспекти проявляються у покращення якості життя населення та формування доступних громадських просторів. А також сприяє розвитку інноваційних і креативних індустрій, приваблюючи технологічні та культурні проекти [3, с. 64–65].

Застарілі споруди, що підлягають відновленню, поділяються на кілька груп в залежності від часу забудови, технічного стану та деяких інших особливостей. 1 групу становлять будівлі споруджені до 1917 р. Це прості одноповерхові однопролітні кам'яні будівлі з дерев'яними чи металевими покриттями. Частина їх є пам'ятками архітектури. 2 група: будівлі 1920–1940 рр., каркасної конструкції з металевими колонами та фермами або балками, цегляними несучими стінами, покриттями з металевих або залізобетонних конструкцій. 3 група: повоєнні споруди 1945–1960 рр., частково відновлені після руйнувань; переважно каркасні будівлі з металевими колонами, підкрановими балками та міжповерховими перекриттями з монолітного залізобетону. 4 група: будівлі 1960–1980 рр., зведені за індустріальними технологіями; каркасні зі збірних залізобетонних або частково металевих колон і ферм, зовнішні самонесучі стіни зі збірних легких бетонних панелей. 5 група охоплює інші будівлі, збудовані в різні періоди, а в наступні роки реконструйовані [1, с. 67; 2, с. 363].

Розглянемо електростанцію Батерсі (Battersea Power Station), як приклад вдалої ревіталізації занедбаного району міста Лондона (Великобританія). Електростанція Батерсі (рис. 1) належить до 2 групи споруд: її будівництво здійснювалось у 1929–1935 рр., розширення – у 1937–1941 рр., яке було зупинене на час другої світової війни та завершене в 1955 р. Проект, розроблений Джайлзом Гілбертом Скоттом, виконаний у стилі арт-деко з використанням сталевих конструкцій та понад шести мільйонів цеглин. Електростанцію виведено з експлуатації у 1975 р., а у 1980 р. їй надано статус історичної спадщини II ступеня.

Протягом часу, поки об'єкт не використовувався, його ділянка, що становила 42 акри електростанції та навколишньої території, втратила адміністративну та соціальну цінність. Це вплинуло на суспільне життя району та спричинило проблеми економічного та екологічного характеру. Протягом понад 30 років для цієї території не було запропоновано ефективних рішень. Водночас у 2010-х роках сучасні глобалізаційні процеси забезпечили залучення міжнародних інвестицій у цей проект. Забудовники залучили до проекту архітекторів із різними концептуальними підходами. Значна площа території зумовила доцільність використання різноманітних архітектурних мов, і це

дозволило забезпечити варіативність дизайну та задовольнити різні потреби потенційних клієнтів [4, с. 7-8; 5; 6].

Міжнародною командою архітекторів було розроблено проєкт перетворення, центральним вузлом якого стала колишня турбінна зала (Рис. 2). Цей простір функціонує як торговельно-розважальна зона: три рівні розплановано для ресторанів, магазинів. Передбачені площі взаємодій: клуби, кінотеатри, концертні та виставкові зали. Проєкт містить житловий компонент представлений апартаментами та віллами, згрупованими у колишніх перемикальних корпусах на сході та заході території та над приміщенням котельні. Загальна кількість становить 254 житлових приміщення різної категорії, містить звичайні, люкс, пентхаус номери. Простір 6 поверхів станції, що сягає 56 тисяч квадратних метрів відведено під офіси різних організацій. Було збережено та перетворено на елементи публічного використання всі 4 димові труби. Усередині однієї з труб облаштовано ліфт, що підіймає на висоту 109 метрів. Таке інженерне рішення впровадило нову функцію споруди як оглядового майданчика [4, с. 8–9; 5; 6].



Рис. 1. Електростанція Батерсі до відновлення

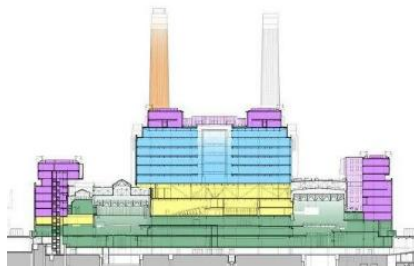


Рис. 2. Функціональний склад будівлі



Рис. 3. Ревіталізована станція

Споруда обладнана найбільшою в Лондоні Комбінованою Охолоджувальною, Опалювальною та Енергетичною системою (CCHP system), поєднаною з навколишніми житловими будинками. Також, внаслідок ревіталізації, колишня вугільна електростанція стала найбільшою в Європі будівлею з нульовим викидом карбону у повітря.

Ревіталізація, що тривала у 2012–2022 роках, дозволила сформувати багатофункціональну будівлю, повністю інтегровану в урбаністичне середовище (рис. 3). Об'єкт вже протягом трьох років демонструє позитивні результати покращення соціального життя району та прибутковості, зберігши власний важливий культурно-історичний аспект.

Будівля електростанції Батерсі стала другим етапом проєкту відновлення раніше деградованого району, що послідовно відродить частину центрального Лондона [5; 6].

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що ревіталізація електростанції Батерсі демонструє складний типологічний перехід від промислового об'єкту до багатофункціонального громадського центру, та є прикладом вдалого адаптивного повторного використання застарілих споруд, що втратили свою функціональність та мають історичне значення. Ревіталізацію доцільно використовувати для запобігання деградації окремих ділянок, проблемам щільної забудови, втрачання зелених зон. Її застосування підвищує інвестиційну привабливість урбанізованих територій і становить значну цінність для розвитку міст.

Список використаних джерел

1. Броневицький А. П. Особливості ревіталізації промислових будівель. *Зб. наук. праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю.Кондратюка*. 2015. Вип. 2. С. 65- 69.
2. Ганський В. О. Ревіталізація депресивного міського простору за допомогою комерціалізації колишніх промислових об'єктів історико-культурної спадщини. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Вип. 23. 2018. С 361–365.
3. Іваненко Б.Р. Особливості реновації промислових зон та її адаптація до сучасного міського середовища. *Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво*. 2023. Вип. 29–30. С. 63–71. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.7>
4. Shumkov Ivan. A new life for the Battersea Power Station in London. *Palimpsesto*. №26. 2022. Р 6–8.
5. Battersea Power Station. *WilkinsonEyre*. URL: <https://wilkinsoneyre.com/projects/battersea-power-station/> (date of access: 08.11.2025).
6. Battersea Power Station. Master Plan. *Rafael Vinoly Architects*. URL: <https://vinoly.com/works/battersea-power-station-master-plan/> (date of access: 09.11.2025).

Волошин М.М., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон

Вступ. Не секрет, що вода потрібна людині для виживання. Людське тіло майже на сімдесят відсотків складається з води. Тому дуже багато уваги потрібно приділяти якості споживаної води. Як відомо у водопровідній воді дуже низька якість. Вона повільно губить людину, збільшуючи навантаження на його організм.

Вода є добрим розчинником різних хімічних речовин, а тому вона досить легко забруднюється. На сьогоднішній день вживання чистої води - це одна з обов'язкових умов здорового способу життя. Тому багато людей, які дбають про своє здоров'я, п'ють бутильовану воду і використовують спеціальні очисні фільтри.

Основна частина. На жаль, воду муніципального водопостачання очищають тільки від найнебезпечніших видів забруднень. Для цього в основному застосовують хлор, який токсичний і вкрай шкідливий. Крім цього, комунальні служби по більшій мірі думають лише про те, якою буде якість води на виході з очисної споруди. Але ж потім вода проходить по трубах і легко може знову забруднитися.

До того ж підвищена жорсткість води є причиною відкладення солей в організмі людини. Негативно впливає на нашу кісткову систему і підвищений вміст марганцю. Надмірна кількість заліза у воді викликає захворювання печінки, порушує репродуктивну функцію людини і підвищує ризик розвитку інфаркту.

Потрібно пам'ятати і те, що неочищена вода не тільки шкідлива для організму людини, але ще й псує дорогу імпортовану сантехніку. Вапняні відкладення забивають маленькі отвори в душовій насадці і форсунки. Солі магнію і кальцію під впливом високих температур утворюють налип. А вона в свою чергу стає основною причиною виходу з ладу водогрійного обладнання. Зараз існує навіть спеціальна сантехніка, розрахована лише на очищену воду.

Питання підбору конфігурації системи очищення води в кожному випадку вирішується по-різному в залежності від: якості вихідної води; вимог до якості і кількості очищеної води; матеріальних можливостей замовника.

Незалежно від каламутності водопровідної води рекомендується ставити на вхідній магістралі фільтр механічного очищення. Такі домашні фільтри очищення води необхідні, щоб запобігти швидкому засміченню твердими нерозчинними частками основних фільтрів, призначених для тонкого очищення води. Крім цього, захистити від поломок і передчасного виходу з ладу змішувачів, пральні машини та інші побутові прилади. Витрати на купівлю фільтрів механічної очистки будуть з лишком компенсовані більш довгим робочим ресурсом наступних ступенів очищення води і побутової техніки.

Пропонується кілька схем підключення систем очищення води з різних цінових груп (рис.1 – 4).



Рис. 1. Схема очищення води в квартирі (економічний варіант):

1а, 1б. Клапани пониження тиску. Захищають побутову техніку та інші пристрої водоспоживання від надлишкового тиску і гідроударів в магістральних водогонах. Приєднувальні розміри 3/8, 1/2", 3/4".

2а, 2б. Механічні фільтри для тонкого очищення холодної і гарячої води, проводять очищення води від суспензій і дрібних механічних частинок (від 20 до 1 мікрона, в залежності від типу картриджа). Усувають каламутність і частково кольоровість води. Приєднувальний розмір 1/2".

3. Проточна питна система. Видаляє з води неприємний запах і смак, а також хлор, хлорорганічні сполуки, пестициди та солі важких металів. Приєднувальний розмір 1/2".

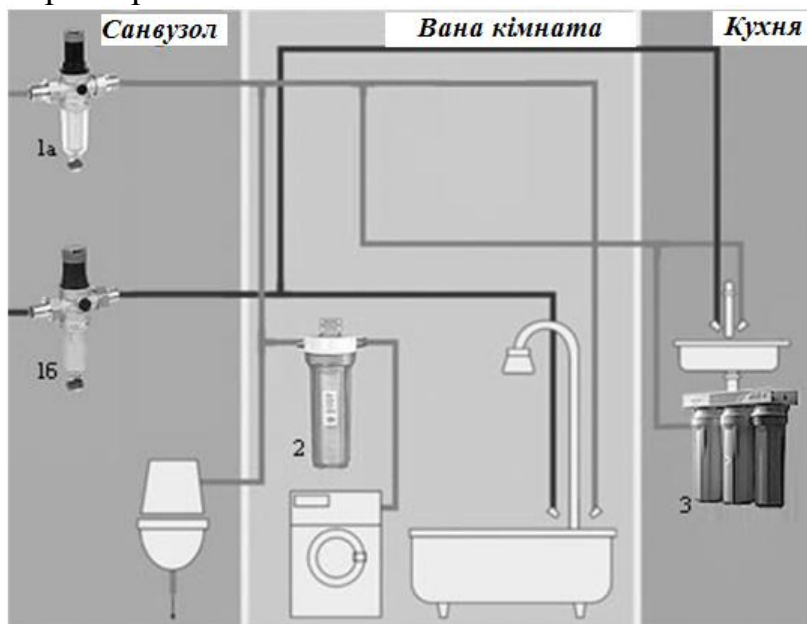


Рис. 2. Схема очищення води в квартирі (бюджетний варіант):

1а, 1б. Сітчасті фільтри здійснюють попередню очистку води від великих механічних частинок (100 мікрон, сітка 50 мікрон купується окремо). Ці фільтри для квартири захищають сантехніку і побутові прилади від виходу з ладу внаслідок забруднення. Вбудований клапан пониження тиску дозволяє уникнути небажаних перевищень і стрибків тиску на виході з фільтру. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Фільтри для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

2. Фільтр для захисту від накипу. Запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду безпосередньо перед побутовою технікою. Приєднувальний розмір 1/2".

3. Проточна питна система видаляє з води неприємний запах і смак, а також хлор, хлорорганічні сполуки, пестициди та солі важких металів. Приєднувальний розмір 1/2".

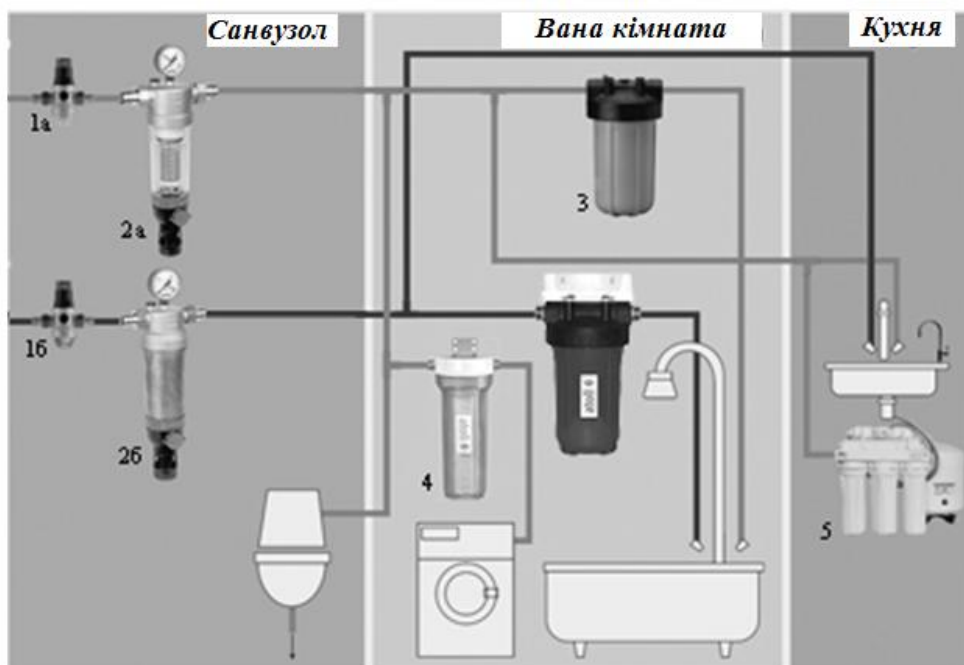


Рис. 3. Схема очищення води в квартирі (універсальний варіант):

1а, 1б. Клапани пониження тиску. Оберігають побутову техніку та інші пристрої водоспоживання від надлишкового тиску в магістральних водогонах. Приєднувальні розміри 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "В".

2а, 2б. Сітчасті фільтри здійснюють попередню очистку води від великих механічних частинок (від 500 до 20 мікрон). Захищають сантехніку і побутові прилади від виходу з ладу внаслідок механічного забруднення. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

3, 3а. Магістральні фільтри для холодної та гарячої води, призначені для очищення води у ванній кімнаті і душі. Видаляють з води побутового

призначення неприємний запах і колір, а також хлор, хлорорганічні сполуки та інші агресивні речовини. Захищає шкіру від подразнення і сухості. Встановлюються безпосередньо перед ванною або душем. Приєднувальний розмір 1".

4. Фільтр для захисту від накипу. Запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду безпосередньо перед побутовою технікою. Приєднувальний розмір 1/2".

5. Система зворотного осмосу для отримання питної води. Видаляє до 99% забруднень, забезпечуючи граничне очищення від усіх домішок.

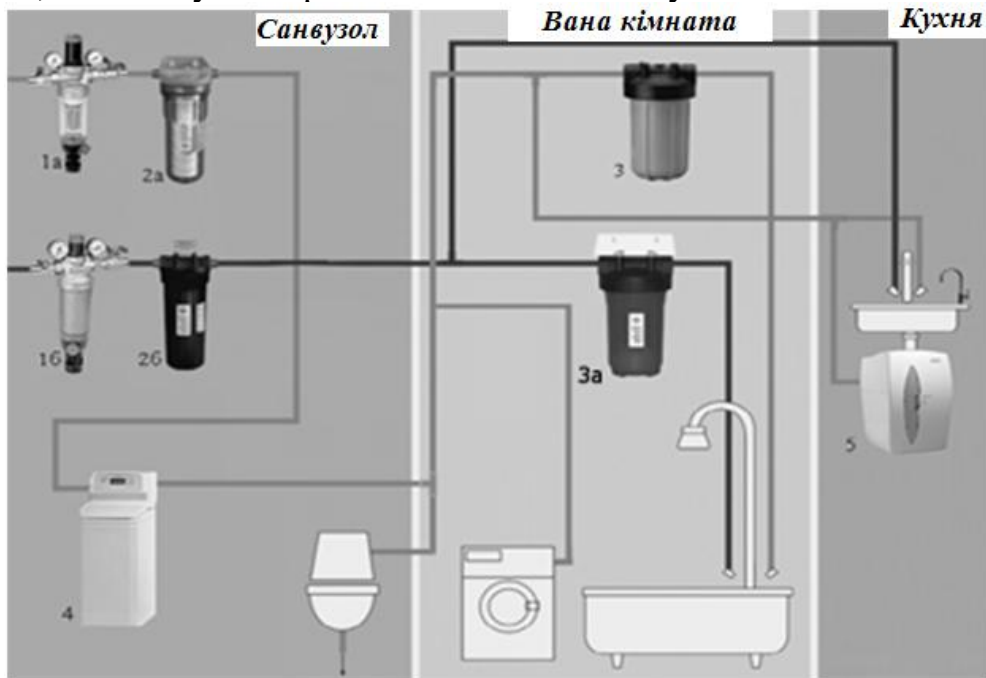


Рис. 4. Схема очищення води в квартирі (преміум клас):

1а, 1б. Фільтри зі зворотним промиванням виконують попередню очистку води від великих механічних частинок. Захищають сантехніку і побутові прилади від виходу з ладу внаслідок механічних забруднень. Вбудований клапан пониження тиску дозволяє уникнути небажаних перевищень і стрибків тиску на виході з фільтру. Приєднувальні розміри 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/4"; 1 1/2"; 2". Розрізняються моделі для холодної і гарячої води. Моделі для гарячої води мають у кінці маркування літеру "М".

2а, 2б. Механічні фільтри для тонкого очищення холодної і гарячої води проводять очищення води від суспензій і дрібних механічних частинок (від 20 до 1 мікрона, в залежності від типу картриджа). Усувають каламутність і частково кольоровість води. Приєднувальний розмір 1/2".

3, 3а. Магістральні фільтри для холодної та гарячої води призначені для очищення води у ванній кімнаті і душі. Видаляють з води побутового призначення неприємний запах і колір, а також хлор, хлорорганічні сполуки та інші агресивні речовини. Захищає шкіру від подразнення і сухості. Встановлюються безпосередньо перед ванною або душем. Приєднувальний

розмір 1".

4. Пом'якшувач води запобігає утворенню накипу в котлах, бойлерів, пральних і посудомийних машинах та іншої побутової техніки. Встановлюється тільки на холодну воду.

5. Система зворотного осмосу для отримання питної води. Видаляє до 99% забруднень, забезпечуючи граничне очищення від усіх домішок.

Висновки

1. Неочищена вода не тільки шкідлива для організму людини, але ще й псує дорогу імпорту сантехніку.

2. Конфігурації системи очищення води в кожному випадку вирішується в залежності від якості вихідної води, вимог до якості і кількості очищеної води, матеріальних можливостей замовника.

3. Пропонуються схеми підключення систем очищення води з різних цінових груп.

Список використаної літератури

1. Мацієвська О.О. Водопостачання і водовідведення. Видавництво: Львівська політехніка, - 2015. - 144 с.
2. Водопостачання та водовідведення: Підручник / В.О. Орлов, Я.А. Тугай, А.М. Орлова. — К. : Знання, 2011. — 359 с.
3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. - "Кондор", 2009. - 288с.
4. ДБН В.2.5 - 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення. — Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. -182с.
5. ДБН В.2.5 - 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. -210с.
6. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. - 105с.

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

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Декарбонізація будівель – це процес зменшення викидів парникових газів у будівлях, що досягається шляхом підвищення енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії та впровадження сталих практик. Мета декарбонізації – зменшити вплив будівель на навколишнє середовище та боротися зі зміною клімату.

Будівельні організації і компанії, що займаються нерухомістю, все частіше визнають необхідність декарбонізації будівель, але часто вважають це завдання складним, трудомістким і дорогим. Власники, що мають у своєму розпорядженні багато унікальних будівель, часто не мають централізованого інвентарного списку, який би вказував на стан приміщень або типи обладнання, що в них знаходиться. Більше того, фізичні енергетичні аудити та плани досягнення нульового енергоспоживання для кожної будівлі є тривалими, дорогими і не дають жодних переваг від масштабу. Через ці обмеження традиційний підхід до декарбонізації створив поширене враження, що декарбонізація будівель часто є не вигідною.

Метою даної статті є дослідження важливості впровадження більш ефективних шляхів декарбонізації будівель і того, як ці нові підходи дозволяють досягти нульового рівня викидів об'єктів нерухомості за найменших витрат.

Основний текст. На сектор нерухомості припадає приблизно 40% глобальних викидів, пов'язаних зі спалюванням, з яких 28% припадає на експлуатацію будівель і 12% – на викиди від будівельних матеріалів та будівництва [1]. Щоб утримати глобальне потепління в межах приблизно 1,5°C порівняно з доіндустріальним рівнем і досягти нульового рівня викидів вуглецю від будівель до 2050 року, прямі викиди від будівель (наприклад, від газових або мазутних котлів на місці) потрібно буде скоротити на 50%, а непрямі викиди – на 60% (наприклад, за допомогою заходів з енергоефективності та декарбонізації енергомереж) до 2030 року [2].

Хоча досить часто власників і мешканців будівель беруть на себе зобов'язання досягти нульового рівня викидів, багатьом з них бракує комплексних планів. З огляду на те, що зараз стало можливим завдяки розвитку технологій обробки даних та штучного інтелекту, а також зважаючи на значний вплив, який вони можуть мати на темпи декарбонізації будівель та їхню рентабельність, з'являється новий набір підходів для розробки надійних планів [3, 4]. В результаті аналізу світового досвіду, можна виділити 7 основних компонентів оптимальних планів декарбонізації будівель (рис. 1).



Рис.1. Основні складові оптимальних планів декарбонізації будівель

1. Портфельний підхід до досягнення нульового рівня викидів. Багато власників або мешканців будівель мають у своєму портфелі сотні або тисячі будівель. Плани декарбонізації цих будівель часто є фрагментарними, починаючи з підгрупи будівель на основі викидів (наприклад, деякі використовують підхід «найгірше спочатку»), нормативних вимог (деякі створюють плани лише там, де вже існують нормативні вимоги) або інших факторів (деякі активи належать до певних підрозділів, де є ентузіастичний лідер у сфері сталого розвитку). За новим підходом власники можуть отримати вигоду, об'єднавши плани щодо будівель, наприклад, шляхом спільних закупівель, координації та розумної послідовності дій.

2. Плани для конкретних активів. Для оптимізації фінансів загальні списки важелів, таких як світлодіодні лампи, теплові насоси та сонячні батареї на місці, є недостатніми. Щоб максимізувати вплив декарбонізації на кожен витрачений долар, кожна будівля потребує власного плану, який враховує її конкретну вихідну точку (таку як тип ізоляції, поточне обладнання та системи, а також планування будівлі), умови (включаючи місцевий клімат, геологічні умови та місцеву сонячну радіацію) та стратегії щодо активів, включаючи типи оренди, склад орендарів та операційні цілі.

3. Повний шлях до нульового рівня викидів. Розумно уникати планів, які забезпечують лише частковий перехід до нульового рівня викидів, таких як плани досягти 30-відсоткового підвищення енергоефективності протягом

наступних двох років без видимості подальших перспектив. Такий короткостроковий підхід може значно погіршити довгострокові результати та витрати на декарбонізацію. Наприклад, деякі заходи з утеплення, які не відповідають короткостроковій нормі прибутковості, можуть зменшити майбутні вимоги до розміру систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря та витрати на них. Компанії, які приймають лише короткострокові рішення або чекають, поки цього не буде вимагати законодавство, можуть у довгостроковій перспективі витратити більше.

4. Пов'язані плани щодо обсягів. Плани щодо обсягу «1», такі як заходи з електрифікації, та щодо обсягу «2», такі як закупівля відновлюваної енергії, часто створюються окремо. Наприклад, керівники об'єктів можуть займатися модернізацією, а окремі відділи – закупівлею відновлюваної енергії. Такий підхід не враховує взаємозалежності між сферами «1» і «2», наприклад, оцінки попиту. Результатом може бути повільніше і дорожче придбання відновлюваної енергії.

5. Практичні кроки. Плани для кожної будівлі повинні включати конкретні кроки, які може реалізувати керівник об'єкта. Наприклад: «замінити газову систему на повітряний тепловий насос та допоміжний електричний опірний резерв за потреби». Персонал будівлі повинен мати можливість швидко надіслати ці інструкції постачальникам або командам з управління об'єктами для виконання.

6. Кількісно виражені показники. Плани повинні бути достатньо конкретними, щоб забезпечити фінансове планування на рівні будівлі та портфеля. Керівники повинні розуміти точні фінансові показники досягнення нульового рівня викидів, включаючи необхідні зміни в капітальних інвестиціях та операційних витратах, потенційні витрати на додаткову заборгованість або наслідки попереднього фінансування капітальних витрат, а також те, як витрати та вигоди будуть розподілятися між власниками будівель або орендарями.

7. Прийняття рішень, орієнтованих на нульовий рівень викидів. Власники та оператори можуть інтегрувати плани декарбонізації в діяльність всієї організації, включаючи процеси, стимули та структури управління. Декарбонізація операційних викидів будівель часто може бути досягнута за допомогою невеликих змін у існуючих процесах, тому бізнес повинен починати включати оновлення процесів планування капіталовкладень з урахуванням планів декарбонізації для кожної будівлі, створення фондів та виділення капіталу (що часто може мати позитивну віддачу) для систем з низьким рівнем викидів, а також включення аналізу декарбонізації в процес придбання нових активів.

Галузь нерухомості стикається з величезними викликами у процесі декарбонізації: вона повинна масштабувати ланцюги постачання, щоб задовольнити новий попит, навчити мільйони кваліфікованих працівників впроваджувати модернізацію та модернізувати потужності електромереж та

сховищ для забезпечення електрифікації. Проте розробка планів декарбонізації останнім часом стала набагато простішою, швидшою та дешевшою, що полегшує галузі перехід до нових технологій.

Висновки. Застосовуючи машинне навчання, штучний інтелект та фізичне моделювання, можливо визначити можливості декарбонізації будівель, а саме проаналізувати поточний тип і розрахункову потужність систем опалення та охолодження, потенціал конкретного об'єкта для використання сонячної або геотермальної енергії, а також місця, де рівень ізоляції та енергоефективності не відповідає стандартам. Потім за допомогою передових еволюційних алгоритмів оптимізації можна визначити оптимальний набір рішень і послідовність дій для кожної будівлі, щоб досягти нульового рівня викидів у встановлені терміни.

Ці можливості дозволяють швидко створити набір фінансово оптимізованих планів для кожної будівлі на основі унікальних вихідних даних, нормативно-правового середовища, структури оренди та багатьох інших факторів. Ці плани, які можна створити для всього портфеля за лічені тижні, можуть включати набір заходів з чіткими термінами виконання, пов'язані капітальні витрати та документацію щодо впливу на викиди та операційні витрати. Для великих портфелів цей новий підхід до досягнення нульового рівня викидів означає більш ніж 100-кратне збільшення темпів і масштабів планування декарбонізації порівняно з традиційним підходом, що передбачає проведення енергетичних аудитів та досліджень нульового рівня викидів.

Плани на рівні будівель щодо енергоефективності та електрифікації дозволяють власникам та орендарям оцінювати та закуповувати необхідні обсяги відновлюваної енергії, збільшувати потенціал для використання державних стимулів та полегшувати роботу менеджерів будівель.

Зусилля з декарбонізації є складними, але більш швидкий та економічний спосіб досягнення цілей декарбонізації в галузі нерухомості надає можливість значно прискорити дії, необхідні для обмеження глобального потепління.

Список використаних джерел

1. Програма ООН з навколишнього середовища. (2022). Глобальний статус – звіт за 2022 рік для будівель і будівництва. UNEP – UN Environment Programme.
2. Building sector emissions hit record high, but low-carbon pandemic recovery can help transform sector – UN report, United Nations Environment Programme, December 16, 2020.
3. McKinsey. A new way to decarbonize buildings can lower emissions – profitably. November, 2023.
4. IEA (2023), Efficient Grid-Interactive Buildings, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/efficient-grid-interactive-buildings>, Licence: CC BY 4.0