

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

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ІННОВАЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Збірник наукових праць

ВИПУСК 6



22 травня 2025 року

м. Кропивницький

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

*Рекомендовано до друку Вченою радою факультету
АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА
Протокол №10 від 29 травня 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 напрямку 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

Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали: збірник наукових праць. 6-й випуск. – Кропивницький - Херсон: ХДАЕУ, 2025. – 97 с.

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

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2025

ЗМІСТ

Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О. ЕФЕКТИВНІ ДОБАВКИ ДО БЕТОНІВ	5
Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О., Нагловач В.А., Проць В.Є. МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКІВ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	10
Mechyslav Chekanovych NEW ADDITIONAL CRITERION OF STRESS-STATE EQUATIONS FOR CONCRETE	14
Волошин М.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ДОЩОВОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА ХЕРСОНА ЗА НАЯВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ СТОКУ	19
Гасенко А.В., Падун Ю.О. АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА ПРОГРЕСУЮЧЕ РУЙНУВАННЯ АНТЕННИХ СПОРУД СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	24
Кошевий І.О. АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ І РУЙНУВАНЬ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ХЕРСОНЩИНИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ	28
Слонь В.В., Заїко В.І. РОЗРОБКА ЕКОНОМІКО-ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЛІ ПІСЛЯ ТЕХНОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ ВПЛИВІВ ТА УСУНЕННЯ ЇХ НАСЛІДКІВ	32
Чеканович М.Г. ДЕФОРМАЦІЙНІ ШВИ ЯК ЗАСІБ ОБМЕЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОШКОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД УНАСЛІДОК РАКЕТНОГО УДАРУ	36
Anton Hasenko, Leo Lapidus, Mikola Bibik ENSURING THE SAFE USE OF WAR-DAMAGED INFRASTRUCTURE OVER ITS LIFE CYCLE	40
Dmitrii Romanenko, Anna Chegrynets, Olexander Krupchenko, Pavlo Yurko PROCESSING OF EXPERIMENTAL STUDIES OF RECTANGULAR CROSS-SECTION REINFORCED BICONCRETE BEAMS	44

Dmytro Usenko, Nataliya Pinchuk GENERAL PRINCIPLES OF CREATING MODELS OF STEEL- CONCRETE SPECIMENS BASED ON SPATIALLY REINFORCED MASONRY COLUMNS	48
Харченко І.В. ДОТРИМАННЯ НОРМАТИВНИХ СТРОКІВ СПОРУДЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ ЯК МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ КОШТОРИСНОЇ СОБІВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА	53
Lina Hasenko, G.Ophylia Vinodhini WAYS OF REDISTRIBUTING STREET AND ROAD SPACE	57
Olena Usachova FEATURES OF LANDSCAPE DESIGN IN THE URBAN ENVIRONMENT	62
Богданова Л.О. СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РІШЕННЯХ ЦЕНТРІВ ВІЗУАЛЬНОГО МИСТЕЦТВА	66
Гасенко Л.В., Жабченко С.М. ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ПІШОХІДНО ОРІЄНТОВАНОГО ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ	70
Смоленська С.О. ЗБЕРЕЖЕННЯ РУІН ЯК НАГАДУВАННЯ ПРО ВТРАТИ У ВІЙНІ (НА ПРИКЛАДІ ЦЕРКВИ СВ. МИКОЛИ В ГАМБУРЗІ)	74
Харламова Л. В. БУДІВНИЦТВО НОВИХ ОБ'ЄКТІВ В ІСТОРИЧНИХ ЦЕНТРАХ МІСТ. Прийоми гармонізації сучасної архітектури з історичною забудовою	77
Заводяний В.В., Шпилько О.О. ЗЕЛЕНИЙ ВОДЕНЬ: ПРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	82
Зубенко В.О. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ КОТЕДЖІВ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ	86
Чеканович О.М., Zhurakhivskiy V. ДОСВІД ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД У НІМЕЧЧИНІ	90
Слонь В.В., Потьомкін Р.О. БУДІВНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ	94

ЕФЕКТИВНІ ДОБАВКИ ДО БЕТОНІВ

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

Вступ. Високоєфективні добавки до бетонів мають значний вплив на якість та довговічність будівельних конструкцій. Завдяки їм можна досягти покращення характеристик бетонів. Застосування сучасних добавок дозволяє зменшити кількість цементу, води та інших компонентів у суміші, що, в свою чергу, сприяє оптимізації процесу та зниженню витрат. Використання добавок сприяє зменшенню витрат на будівельні матеріали за рахунок оптимізації складу бетонної суміші та зниження потреби в цементі.

Основна частина. Сучасні добавки до бетонів складаються з різноманітних хімічних компонентів, кожен із яких виконує певну функцію для покращення властивостей бетонної суміші. Основні складові елементи таких добавок можна поділити на кілька категорій:

а) пластифікатори - знижують в'язкість бетонної суміші, що підвищує її пластичність і зручність укладання. Це дозволяє зменшити кількість води, потрібної для досягнення необхідної рухомості бетону, що, в свою чергу, сприяє підвищенню міцності та довговічності готового матеріалу. Пластифікатори можуть бути нормальної (помірної) дії або суперпластифікатори, які дозволяють суттєво скоротити водоцементне співвідношення.

б) повітрягувальні добавки - створюють в бетоні мікроскопічні повітряні пори, які підвищують його морозостійкість і водонепроникність. Вони ефективні для запобігання руйнуванню бетону внаслідок замерзання і відтавання води в його структурі, що особливо актуально в умовах холодного клімату.

в) прискорювачі твердіння - використовуються для швидкого набору міцності бетону на ранніх етапах. Це особливо корисно в умовах низьких температур або коли потрібно швидке завершення будівельних робіт. Прискорювачі дозволяють раніше знімати опалубку і продовжувати подальші будівельні етапи, що економить час та кошти.

г) уповільнювачі твердіння - використовуються для зниження швидкості гідратації цементу, що уповільнює процес твердіння бетону. Це корисно при бетонуванні великих обсягів або в умовах високих температур, де швидке твердіння може призвести до нерівномірного набору міцності та появи тріщин.

д) гідроізоляційні добавки - знижують водопоглинання бетону, підвищуючи його водонепроникність. Вони допомагають запобігти проникненню води у внутрішні шари конструкцій, що підвищує їх стійкість до

корозії, особливо для споруд, які контактують із водою або знаходяться в агресивних середовищах.

е) антикорозійні добавки захищають арматуру в бетоні від корозії, знижуючи ризик пошкодження бетонних конструкцій і збільшуючи термін їх служби. Ці добавки особливо важливі для бетонних споруд, що використовуються у вологих умовах або піддаються впливу агресивних середовищ.

ж) стабілізатори - допомагають зменшити розшарування бетонної суміші, покращуючи її однорідність та запобігаючи втратам матеріалу під час транспортування та укладання.

з) ущільнювачі - збільшують щільність бетону, що підвищує його міцність і знижує пористість.

і) суперпластифікатори — це високоактивні добавки, які значно знижують водоцементне співвідношення при збереженні рухомості і це дозволяє отримати високоміцний бетон і значно знижує ймовірність виникнення тріщин при усадці бетону.

Розрахунок ефективності застосування сучасних добавок до бетонів

Для визначення економічної ефективності застосування високоефективних добавок до бетонів слід розглянути такі основні аспекти:

а) зниження витрат на цемент. Використання добавок, що збільшують міцність бетону, дозволяє зменшити кількість цементу в суміші. Це сприяє зниженню собівартості бетону, оскільки цемент є одним із найдорожчих компонентів бетонної суміші.

б) зменшення витрат на воду та енергію. Деякі добавки допомагають знизити потребу в воді для отримання необхідної пластичності бетонної суміші. Це зменшує витрати на водопостачання, а також витрати на енергію для її транспортування та використання на будівельному майданчику.

в) скорочення часу на укладання та затвердіння. Високоефективні добавки можуть сприяти прискоренню процесу твердіння бетону, що дозволяє скоротити час виконання робіт. Це позитивно впливає на загальні витрати на будівництво, оскільки зменшує витрати на оренду обладнання та оплату праці робітників.

г) покращення довговічності конструкцій. Завдяки підвищеній водонепроникності та морозостійкості бетон із добавками стає більш стійким до зовнішніх впливів. Це скорочує частоту та обсяг ремонтних робіт протягом експлуатації конструкцій, що, в свою чергу, знижує витрати на їх обслуговування.

д) зниження екологічного навантаження. Завдяки зменшенню потреби в цементі, який є енергоємним матеріалом, знижується загальне споживання енергії та скорочується викид CO₂. Це має економічну цінність, оскільки сприяє збереженню природних ресурсів та зменшенню плати за викиди парникових газів у деяких країнах.

Формула для розрахунку економічного ефекту

Загальний економічний ефект (E) від застосування добавок можна визначити за формулою:

$$E = \Delta C + \Delta T + \Delta P - \Delta B \quad (1.1), \text{ де:}$$

ΔC — зниження витрат на цемент (грн/м³),

ΔT — зниження витрат на воду та енергію (грн/м³),

ΔP — скорочення витрат на ремонт та обслуговування конструкцій протягом їх життєвого циклу (грн/м³),

ΔB — додаткові витрати на придбання добавок (грн/м³).

Застосування сучасних високоефективних добавок до бетонів є важливим кроком до підвищення якості та ефективності будівельних робіт. Вони дозволяють значно покращити експлуатаційні характеристики бетонних конструкцій, зокрема підвищити міцність, водонепроникність, морозостійкість і довговічність матеріалу, а також знизити потребу в цементі, воді й енергії.

Економічні розрахунки показують, що навіть при додаткових витратах на самі добавки загальний економічний ефект залишається позитивним. Це досягається за рахунок:

- зниження витрат на цемент та інші матеріали;
- економії на воді та енергії;
- скорочення витрат на обслуговування та ремонт конструкцій протягом їхнього життєвого циклу.

Таким чином, високоефективні добавки до бетонів не лише покращують технічні характеристики матеріалів, але й забезпечують довгострокову економічну вигоду, що робить їх важливим компонентом сучасного будівництва. Вибір складових елементів добавок до бетонів залежить від вимог до кінцевих властивостей бетонної суміші. Вдало підібрані добавки здатні підвищити експлуатаційні характеристики бетонних конструкцій, збільшити їхню довговічність, знизити витрати на обслуговування і ремонти, а також покращити екологічні показники будівельного процесу. Для покращення властивостей бетонних сумішей застосовуються різні хімічні реагенти, які забезпечують конкретні характеристики та ефекти. Серед найважливіших хімічних реагентів, що використовуються в сучасних добавках до бетонів, можна виділити такі:

Полікарбоксилатні ефіри - це основний компонент суперпластифікаторів, що забезпечує високу рухомість бетонної суміші та значне зниження водоцементного співвідношення. Полікарбоксилати дозволяють отримати високоміцний бетон при одночасному збереженні легкості укладання.

Лігносульфонати - належать до групи пластифікаторів і сприяють підвищенню пластичності бетонної суміші. Лігносульфонати також знижують водопотребу, але менш ефективні порівняно з полікарбоксилатами. Часто використовуються в недорогих добавках.

Сульфати кальцію - використовуються як прискорювачі твердіння бетону, сприяючи швидшому набору міцності на ранніх етапах. Сульфати кальцію особливо корисні в холодних умовах, де звичайні бетонні суміші тверднуть повільно.

Нітрат кальцію - це потужний прискорювач твердіння, що прискорює процес гідратації цементу та сприяє швидкому набору міцності. Нітрат кальцію також застосовується як антикорозійний засіб, захищаючи арматуру в бетоні від корозії.

Кремнеземні димки (мікрокремнезем) - реагент належить до категорії мінеральних добавок, які підвищують щільність і міцність бетону. Кремнеземні димки заповнюють порожнини в структурі цементного каменю, що знижує пористість та підвищує стійкість до проникнення води.

Хлориди кальцію - швидкодіючий прискорювач, який застосовується для підвищення швидкості твердіння в холодних умовах. Однак хлориди можуть викликати корозію арматури, тому їх використання обмежене, особливо в конструкціях із армованого бетону.

Аміни та амонієві сполуки - речовини використовуються для зниження температури замерзання бетонної суміші, що дозволяє працювати з бетоном при низьких температурах без втрати його якості. Вони також можуть мати ефект прискорення твердіння.

Меламінформальдегідні смоли - діють як водоредукуючі реагенти, що сприяють зниженню водопотреби в бетоні та підвищують його міцність. Використовуються в деяких типах пластифікаторів для отримання щільних бетонних сумішей.

Гідрофобізуючі агенти (стеарати) - до них належать солі вищих карбонових кислот, такі як стеарат кальцію або натрію. Гідрофобізуючі агенти знижують водопоглинання бетону та покращують його водонепроникність, підвищуючи стійкість до корозії та агресивних середовищ.

Поліетиленгліколь (ПЕГ) та інші водоутримуючі агенти - ці речовини дозволяють зберегти достатній рівень вологості в бетоні під час твердіння, що сприяє рівномірному набору міцності та знижує ризик утворення тріщин.

Застосування різноманітних хімічних реагентів у добавках дозволяє контролювати характеристики бетону, адаптуючи його властивості до конкретних умов експлуатації. Різні типи реагентів забезпечують досягнення оптимальних фізико-механічних характеристик бетону, таких як висока міцність, стійкість до заморожування і відтаювання, водонепроникність та антикорозійні властивості, що є важливим чинником для довговічності та економічності будівельних конструкцій.

Висновки. Застосування сучасних вискоєфективних добавок до бетонів є стратегічним рішенням у будівництві, яке дозволяє суттєво покращити якість бетонних конструкцій та підвищити економічну ефективність проектів. Кожен із видів добавок виконує специфічні функції, що сприяє досягненню бажаних властивостей, таких як підвищена міцність, стійкість до погодних умов, водонепроникність, морозостійкість та зручність укладання. Економічні переваги від використання добавок включають зниження витрат на основні матеріали, оптимізацію витрат на обслуговування та ремонт, а також можливість скорочення термінів будівництва за рахунок прискорення твердіння. Додатковою перевагою є зниження негативного впливу на довкілля завдяки скороченню витрат на енергію та цемент. Таким чином, впровадження добавок до бетонів є важливим інструментом для сучасного будівництва, який дозволяє досягти високої якості за оптимальних економічних умов. Це робить добавки незамінним компонентом для забезпечення довговічності та надійності будівельних конструкцій у довгостроковій перспективі.

Список використаної літератури

1. Гончаренко, Т. В., і Куликов, П. А. Сучасні добавки для бетонів і розчинів. Навчальний посібник. — К.: Політехніка, 2015.
2. Соловйов, М. М. Хімічні добавки для бетону. Прискорювачі, уповільнювачі і пластифікатори. — СПб: ГАСУ, 2017.
3. Powers, T. C. Properties of Fresh Concrete. — New York: Wiley, 2011.
4. Neville, A. M. Properties of Concrete. — 5th ed. — London: Pearson, 2012.

МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКІВ РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

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

Вступ. Будівельні конструкції зазнають різноманітних навантажень, включаючи статичні, динамічні, кліматичні та техногенні фактори. Руйнування споруд може мати катастрофічні наслідки, включаючи людські жертви, економічні збитки та екологічні проблеми. Тому мінімізація ризиків руйнування є критично важливою для забезпечення безпеки та довговічності будівель і споруд та безпеки життєдіяльності.

Основна частина. Будівельні конструкції зазнають різноманітних навантажень, включаючи статичні, динамічні, кліматичні та техногенні фактори. Руйнування споруд може мати катастрофічні наслідки, включаючи людські жертви, економічні збитки та екологічні проблеми. Тому мінімізація ризиків руйнування є критично важливою для забезпечення безпеки та довговічності будівель і споруд.

Основні причини руйнування конструкцій: проєктні помилки, низька якість матеріалів, будівельні дефекти, вплив природних і техногенних факторів.

Щоб мінімізувати ризики руйнування будівельних конструкцій, необхідно:

Забезпечити якісне проєктування:

- використовувати розрахункові моделі для аналізу навантажень;
- дотримуватись норм ДБН та Єврокодів.

Контролювати якість матеріалів:

- використовувати сертифіковані матеріали;
- проводити лабораторні випробування.

Дотримуватись технологічних процесів будівництва:

- використовувати сучасні методи контролю (лазерне сканування, дрони, BIM-технології);
- регулярно перевіряти якість виконаних робіт.

Забезпечити правильну експлуатацію та моніторинг:

- впроваджувати автоматизовані системи контролю деформацій;

- виконувати регулярні інспекції та ремонти.

Методи і заходи мінімізації ризиків руйнування конструкцій:

- 1) Мінімізація ризиків руйнування конструкцій вимагає комплексного підходу, що включає правильне проєктування, якісні матеріали, контроль будівництва та експлуатації.
- 2) Розрахункові методи дозволяють оцінити несучу здатність і стійкість конструкцій, запобігаючи аварійним ситуаціям.
- 3) Практичні заходи – використання сучасних методів моніторингу та прогнозування пошкоджень – значно знижують ризики руйнування споруд.

Основні завдання для запобігання руйнуванню будівельних конструкцій:

- 1) Запобігання руйнуванню будівельних конструкцій є ключовим завданням при проєктуванні, будівництві та експлуатації споруд, оскільки руйнування може призвести до значних людських, економічних та екологічних втрат.
- 2) Основні причини руйнування конструкцій включають проєктні помилки, неякісні матеріали, порушення технології будівництва, вплив природних та техногенних факторів, а також неправильну експлуатацію споруд.

Методи мінімізації ризиків включають:

- застосування сучасних методів розрахунку та комп'ютерного моделювання;
- використання високоякісних сертифікованих матеріалів;
- дотримання будівельних норм (ДБН, Єврокоди) та технологічних процесів;
- регулярний моніторинг стану конструкцій та своєчасний ремонт.
- проєктування та розрахунки. Основні розрахунки, які використовуються для оцінки безпеки будівельних конструкцій, включають визначення розрахункових навантажень, перевірку міцності та стійкості елементів за допомогою формул механіки матеріалів і теорії конструкцій.

Безпека будівельних конструкцій – ключовий фактор експлуатаційної надійності, а саме руйнування будівельних конструкцій може призвести до людських жертв, економічних втрат і екологічних катастроф, а надійність споруд залежить від дотримання сучасних будівельних норм та стандартів, таких як ДБН та Єврокоди.

Причини руйнування конструкцій це проєктні помилки – неточні розрахунки навантажень, неврахування ґрунтових умов, недосконале конструкторське рішення, використання несертифікованих матеріалів, що мають занижені характеристики міцності, порушення технологій будівництва, неправильне армування, погана якість зварних з'єднань, перевантаження конструкцій, неправильне перепланування, відсутність технічного

обслуговування, землетруси, урагани, підтоплення, пожежі та вплив агресивних середовищ.

Важливими факторами забезпечення експлуатаційної надійності конструкцій є використання сучасних методів математичного моделювання та аналізу навантажень та впровадження програмного забезпечення для розрахунку міцності конструкцій (ANSYS, SCAD, LIRA-SAPR).

Важливими етапами надійності конструкцій являються:

Контроль якості матеріалів:

- використання сертифікованих матеріалів з перевіреними фізико-механічними характеристиками;
- проведення лабораторних випробувань матеріалів перед застосуванням у будівництві.

Технологічний контроль на всіх етапах будівництва:

- регулярний нагляд за дотриманням будівельних норм і стандартів;
- використання дронів, лазерного сканування, 3D-моделювання для перевірки відповідності проєктним рішенням.

Моніторинг та обслуговування конструкцій:

- встановлення автоматизованих систем контролю деформацій, зміщень, вібрацій конструкцій;
- планові інспекції та ремонтні роботи для усунення дефектів ще на ранніх стадіях їхнього розвитку.

Під постійним контролем необхідно тримати захист від природних та техногенних впливів, впровадження сейсмостійких технологій будівництва та використання антикорозійного захисту металевих конструкцій і додаткове зміцнення фундаментів у зонах із підвищеним ризиком підтоплення.

Роль розрахункових методів у забезпеченні безпеки конструкцій - це визначення оптимальних розрахункових навантажень, перевірка міцності, стійкості та жорсткості конструкцій; врахування комбінацій навантажень для реалістичного прогнозування поведінки споруди в експлуатаційних умовах; використання коефіцієнтів запасу міцності для забезпечення додаткової безпеки при проєктуванні.

Методи мінімізації ризиків включають застосування сучасних методів розрахунку та комп'ютерного моделювання, використання високоякісних сертифікованих матеріалів, дотримання будівельних норм (ДБН, Єврокоди) та технологічних процесів, регулярний моніторинг стану конструкцій та своєчасний ремонт.

Висновки. Мінімізація ризиків руйнування конструкцій будівель і споруд є одним із найважливіших аспектів будівельної галузі. Надійність, довговічність та безпека споруд залежать від правильного проєктування, використання якісних матеріалів, дотримання технологічних процесів та постійного моніторингу стану конструкцій.

Застосування сучасних методів розрахунку, таких як комп'ютерне моделювання, дозволяє прогнозувати поведінку конструкцій під дією різних навантажень та забезпечувати їх стійкість. Впровадження автоматизованих систем контролю, зокрема датчиків моніторингу деформацій, сприяє своєчасному виявленню проблем і запобіганню аварійним ситуаціям.

Таким чином, комплексний підхід до управління ризиками, що включає дотримання нормативних вимог, контроль якості та використання сучасних технологій, є ключем до створення безпечних, ефективних і довговічних будівельних конструкцій.

Список використаної літератури

1. Білецький В.С., Орлов О.О. Міцність і стійкість будівельних конструкцій. – Київ: Вища школа, 2015.
2. Лисенко В.В. Будівельні конструкції: розрахунок та проєктування. – Харків: УкрДНТЦ, 2017.
3. Серов Ю.О. Моніторинг та експлуатаційна надійність будівельних конструкцій. – Київ: Будівельник, 2020.
4. ДБН В.1.2-14:2018 – "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд".

NEW ADDITIONAL CRITERION OF STRESS-STATE EQUATIONS FOR CONCRETE

Chekanovych M.G. *Candidate of Technical Science, Ph.D., Associate
Professor at the Department of construction, architecture and design,
Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine*

Introduction. The mathematical representation of the concrete stress–strain diagram plays a crucial role in the analysis and design of reinforced concrete structures [1]. Among the many proposed analytical models for this diagram, one of the most accurate is a function based on a power polynomial [2–5]. As noted by numerous researchers [1, 2], and supported by the author's own investigations [3], this relationship provides a highly precise description of concrete behavior under external loading.

Main part. The author proposes representing the total stress in concrete as the sum of three components:

$$\sigma = \sigma_{el} + \sigma_{pl} + \sigma_{crc} \quad (1)$$

where:

σ_{el} - denotes the elastic stress component,

σ_{pl} - denotes the plastic stress component,

σ_{crc} - accounts for crack inhibition and frictional effects.

As the applied load approaches the prism strength of concrete, significant cracking develops, leading to substantial material degradation. Due to bond deterioration, the stress state within the material becomes highly non-uniform. Plastic deformations caused by creep are largely exhausted. In certain regions of the concrete, stresses begin to decrease, accompanied by unloading phenomena and reverse plastic aftereffects. The process of crack growth inhibition intensifies, while internal friction increases markedly, contributing additional resistance within the concrete.

According to equation (1), the plastic stress curve $\sigma_{pl} = f(\epsilon)$ reaches a minimum before gradually increasing again (see Fig. 1). Simultaneously, the crack formation process accelerates, as illustrated by the curve $\sigma_{crc} = f(\epsilon)$ in Fig. 1. The point at which these two curves intersect corresponds to the ultimate compressive strength of concrete, f_c .

The intersection point of these function curves — denoted as point **Z** — is defined by the following condition:

$$\sigma_{pl} = \sigma_{crc} = \sigma_z$$

The magnitude of the relative deformations will be $-\varepsilon = \varepsilon_{c1}$ with an accuracy of up to five percent for concrete classes ranging from C12/15 to C40/50.

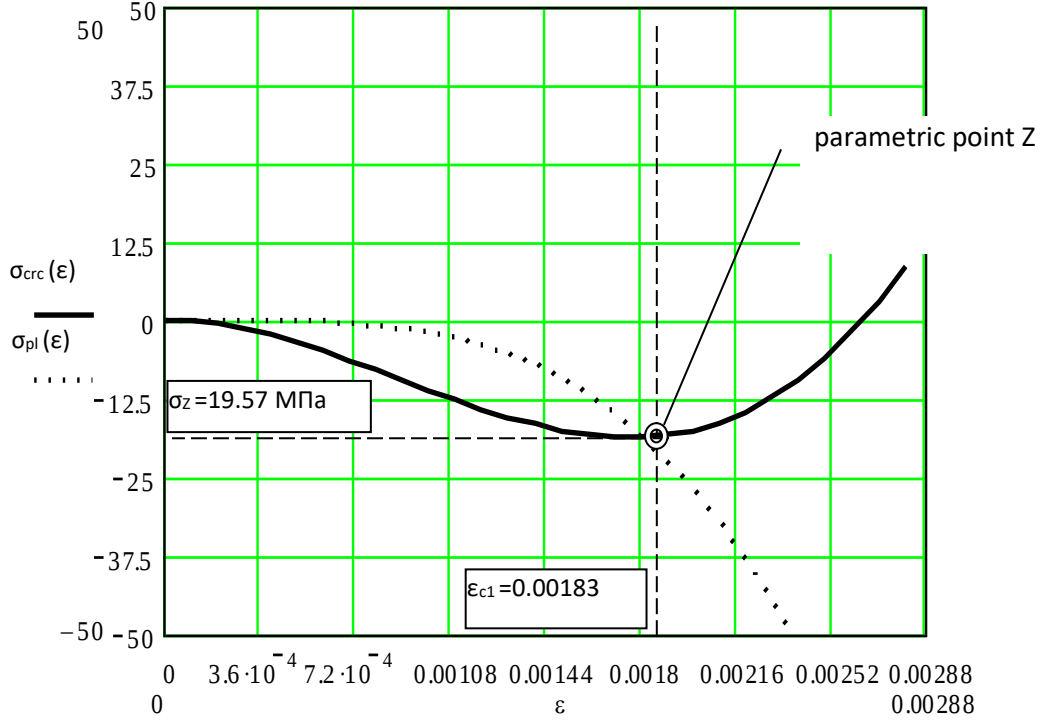


Fig. 1. Stress–strain diagrams of the plastic components – $\sigma_{crc}(\varepsilon)$ and $\sigma_{pl}(\varepsilon)$, and the position of the parametric point Z

Let us determine the individual stress components. At a given level of relative strain ε_{c1} , the total stress is known and corresponds to the prism strength of concrete, f_c . The elastic stress component, σ_{el} , can be determined using equation (1).

$$\sigma_{el} = E\varepsilon_{c1} \quad (2)$$

At the strain level ε_{c1} , and using equations (1) and (2), we obtain:

$$f_c = E\varepsilon_{c1} + 2\sigma_z \quad (3)$$

From this, it follows that:

$$\sigma_z = \frac{E\varepsilon_{cl} - f_c}{2} \quad (4)$$

or equivalently:

$$\sigma_z = \frac{\sigma_{el} - f_c}{2} \quad (5)$$

For example, for concrete of class **C32/40**, the stress at the parametric point **Z** (see Fig. 1) is - **18.31 MPa**. For typical concrete strength classes, the corresponding stresses at point **Z** are summarized in Table 1.

Table 1 – Parametric Stress Values

Клас бетону	f_c , МПа	$\sigma_{z,b}$, МПа
C 30/35	25,5	-15.89
C 32/40	29,0	-18.31
C35/45	32,0	-19.68
C 40/50	36	-21.46

Equation (1) enables the formulation of an additional condition for determining the coefficients of the power polynomial used in the concrete stress–strain diagram. Specifically:

$$a_2 + a_3 = a_4 + a_5 \quad (6)$$

If we consider that the sum of all polynomial coefficients equals one, expression (6) can be rewritten as:

$$\begin{aligned} a_2 + a_3 &= \frac{1 - a_1}{2} \\ a_4 + a_5 &= \frac{1 - a_1}{2} \end{aligned} \quad (7)$$

where a_1 is a known coefficient related to the modulus of elasticity and depends on the loading rate [2, 3].

The intersection point **C** on the graph (Fig. 1), representing the modulus of plastic deformation and the modulus of crack formation deformation, marks the initiation of processes in concrete that lead to its ultimate limit state and eventual

failure. In other words, this point serves as a predictor of concrete failure under specific loading conditions over a defined time interval.

Physically, point **C** corresponds to the upper threshold of micro-crack formation in concrete [4]. By identifying the strain corresponding to this point for a given concrete—typically within the range of $\varepsilon_c = 0.0012 \pm 0.0001$ — and using the known stress relationships,

$$\beta_c = \frac{\sigma_c}{f_c} \quad (8)$$

the first coefficient of the polynomial can be determined as follows:

$$a_1 = \frac{5 \left[2\beta_c - 3 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^2 + 2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^3 - 5 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^4 - 4 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^5 \right]}{\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \left[10 - 15 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right) + 10 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^2 - 15 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^3 + 12 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}} \right)^4 \right]} \quad (9)$$

The calculated values of the polynomial coefficients are presented in Table 2, while the key parameters of the concrete compression diagram are summarized in Table 3.

Table 2 – Polynomial Coefficients for Various Concrete Strength Classes

Concrete Class	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
C 30/35	2,246	-1,869	1,246	-0,869	0,246
C 32/40	2,263	-1,894	1,263	-0,894	0,263
C35/45	2,230	-1,845	1,230	-0,845	0,230
C 40/50	2,192	-1,788	1,192	-0,788	0,192

Table 3 – Values of the Parameters of the Concrete Compression Diagram

Concrete Class	$f_{ck,prism}$, MPa	ε_{c1} $\times 10^5$	ε_{cu} $\times 10^5$	$\varepsilon_{cu t}$ $\times 10^5$	β_u
C 30/35	25,5	183	313	313	0,78
C 32/40	29,0	185	288	288	0,83
C35/45	32,0	188	263	263	0,88
C 40/50	36	190	237	237	0,93

The ratio of the stress at the conditional failure limit—defined as the point at which the concrete specimen fractures into distinct blocks or segments [1, 4] — to its prism strength is denoted by the symbol β_u in Table 3.

As follows from Table 3, for the first three parameters, all calculated data exactly match those given in study [4], while the fourth parameter—the zone of unstable concrete behavior—differs by less than 2.15%.

Plastic and pseudo-plastic processes are described by the second and third terms together, as well as the fourth and fifth terms together, in the power polynomial. The first two are determined by the gel component of the concrete structure, crack growth inhibition, friction, and other factors, while the latter are associated with the disruption of bonds within the concrete structure.

In this context, the identified parametric point **Z** can serve as an additional criterion for concrete strength. The existence of this parametric point can be considered an established fact.

Conclusions. Based on the proposed three-component stress model, a physical interpretation of the stress–strain behavior of concrete under compression has been developed. This approach clarifies the mechanical processes described by the well-known fifth-order power polynomial. A specific parametric point has been identified that defines the compressive strength limit of concrete. Notably, this point is independent of elastic deformations and is entirely governed by plastic and pseudo-plastic processes occurring within the concrete structure.

REFERENCES

1. Golyshyev A.B., Bachynskyi V.Ya., Polishchuk V.P., Kharchenko A.V., Rudenko I.V. Design of Reinforced Concrete Structures – Kyiv: Budivelnyk, 1990. 544 с.
2. Fomytsa L.N., Sumbatov R.A. Measurement of Stresses in Reinforced Concrete Structures – Kyiv: "Budivelnyk", 1994.
3. Чеканович М. Г. (2024). Попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 254-261. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.29>
4. Bambura A.N., Bachynskyi V.Ya., Zhuravleva R.V., Peshkova I.N. Methodological Recommendations for Refined Calculation of Reinforced Concrete Elements Considering the Complete Compression Diagram of Concrete – Kyiv: NIISK, 1987.
5. Залізобетонні конструкції з натягом арматури на бетонну суміш: монографія / Мечислав Чеканович; ХДАЕУ. – Одеса: Олді+, 2024. – 146 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ ДОЩОВОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА ХЕРСОНА ЗА НАЯВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ СТОКУ

Волошин М.М., к.т.н., доцент

*Херсонський державний аграрно - економічний університет, м. Херсон,
Україна*

Постановка проблеми. Проблема затоплення урбанізованих територій в Україні внаслідок збільшення об'ємів та витрат поверхневого стоку підсилюється зростаючими трендами урбанізації, кліматичними змінами та проблемним технічним станом водовідвідних мереж. Аналіз вказує на те, що актуальність цієї проблеми зростатиме упродовж наступних десятиліть. Це спонукає наукову та інженерну спільноти до розробки стратегій і планів управління дощовим стоком, а також до широкого впровадження в українську інженерну практику систем регулювання поверхневим стоком, які мають бути науково обґрунтовані та пристосовані до місцевих кліматичних, містобудівних та економічних умов.

Основні матеріали дослідження. Моделювання поведінки поверхневого стоку з урбанізованих територій складною багатофакторною проблемою, що стоїть перед фахівцями та науковцями в цілому світі. З кожним наступним десятиліттям кількість урбанізованих площ зростає, що впливає на об'єми дощового стоку, а також збільшується навантаження на каналізаційні мережі міст, каналізаційні очисні споруди та, відповідно, відкриті водойми. Для забезпечення надійної роботи каналізаційних мереж необхідно врахувати різні режими їхньої роботи (включаючи пікові навантаження), а також такі фактори, як зміна кліматичних умов і стрімке зростання площ урбанізованих мікрорайонів. Для вирішення цих задач було розроблено цілий ряд підходів для вивчення процесів формування поверхневого стоку. Загалом існують десятки моделей для обчислень гідрографів дощового стоку, які були розроблені науковими установами, урядовими департаментами, а також міжнародними організаціями. Під час розробки цих моделей були використані різноманітні підходи, а також враховано велику кількість параметрів для забезпечення надійності отриманих результатів.

Для експериментального дослідження гідрографів притоку дощових стічних вод було запроєктовано і запропоновано експериментальну установку – фізичну модель типового підбасейна стоку. Вона дозволяла виконувати експериментальні дослідження гідрографів притоку для різних характеристик дощу (інтенсивності, тривалості, та ін.) та фізичних параметрів у плані підбасейна стоку (похил, площа, тип поверхневого покриття та ін.).

Дослідна експериментальна установка складається з: напірного трубопроводу PP-R; розподільної гребінки; чотирьох розприскувачів; збірної лотка; приймального резервуара; електронної ваги AXIS BDU-60; цифрового інтерфейсу RS-232; персонального комп'ютера (EOM) (рис. 1).

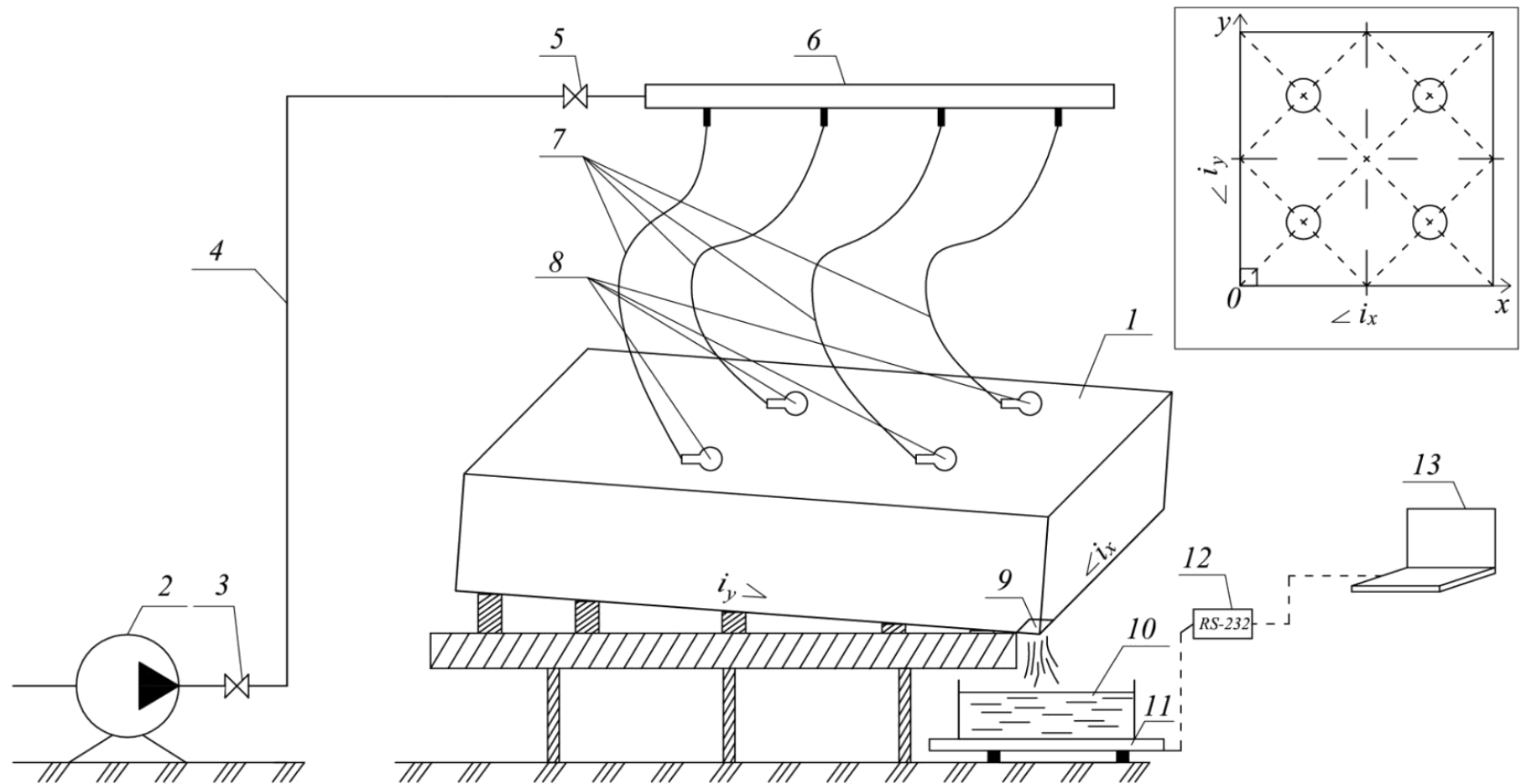


Рис.1. Схема експериментальної установки – фізичної моделі квадратного в плані підбасейна стоку:
 1 – модель підбасейна стоку; 2 – насос Wilo JET 9-4; 3 – вентиль прямий; 4 – напірний трубопровід PP-R;
 5 – кульовий кран; 6 – гребінка розподільна; 7 – гнучкі шланги; 8 – розприскувачі; 9 – дощоприймальний отвір;
 10 – дощоприймальний резервуар; 11 – електронна вага марки AXIS BDU-60; 12 – цифровий інтерфейс RS-232; 13
 – комп'ютер

Нижче наведено результати чисельних експериментів з використанням удосконаленого тривимірного секторного методу для типових квадратних у плані підбасейнів стоку для кліматичних умов міста Херсона. Ґрунтовний аналіз результатів отриманих науковцями, які досліджували формування поверхневого дощового стоку з урбанізованих басейнів, показав, що саме квадратні в плані підбасейни стоку з дощоприймачем у одній з його вершин характеризуються максимальними значеннями пікових витрат дощового стоку серед усіх прямокутних басейнів стоку такої ж площі.

Кліматичні параметри прийняті для міста Херсона згідно з даними табл. А.1 ДБН В.2.5-75:2013 (табл. 1)

Період P , років	Інтенсивність q_{20} , л/(с×га)	Показник ступеня n	Кількість дощів m_p , 1/рік	Показник ступеня γ
1	98,4	0,61	60	1,54
2	98,4	0,61	60	1,54

Таким чином, на рис. 2 представлено вплив базового похилу поверхні на гідрографи дощового стоку.

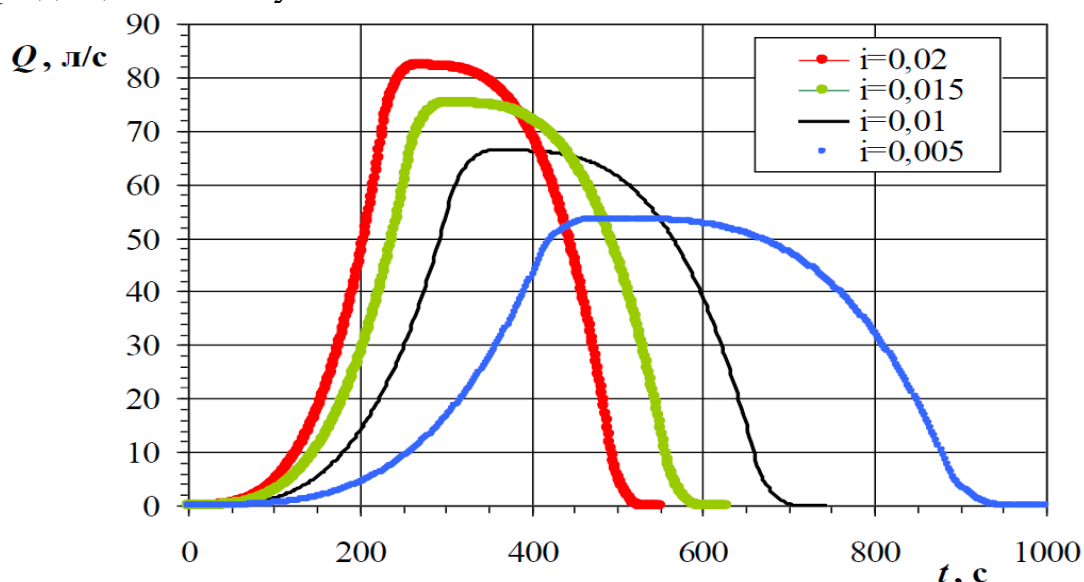


Рис. 2. Гідрографи дощового стоку з підбасейна стоку 50×50 м, отримані за тривимірним секторним методом для різних значень базового похилу i_0 ($q_{20} = 98,4$ л/(с×га); $P = 1$ рік; $n = 0,61$; $n_1 = 0,015$)

Подальше вивчення проблематики моделювання дощового стоку зводиться до більш детального аналізу водонепроникних поверхонь басейну стоку за типом їх приєднання до дощової водовідвідної мережі. Загальну площу водонепроникних поверхонь зазвичай поділяють на напряду приєднанні до мережі водонепроникні покриття або так звані ефективні водонепроникні покриття (ЕВнП) та неприєднанні до мережі водонепроникні покриття (НВнП).

Об'єктом дослідження було обрано житлові квартали Центрального району – одного з центральних районів міста Херсона. В межах Центрального району визначено загальну площу 370,2 га, яка була розділена на 32 квартали для

зручності обстеження і аналізу. Усі досліджені квартали знаходяться на території водозбору м. Херсона, а поверхневий стік з цієї ділянки впадає у комбіновану каналізаційну систему Херсона і далі - безпосередньо до Херсонських очисних споруд.

Результати визначення показника ступеня n відповідно до першого підходу наведено на рис. 3.

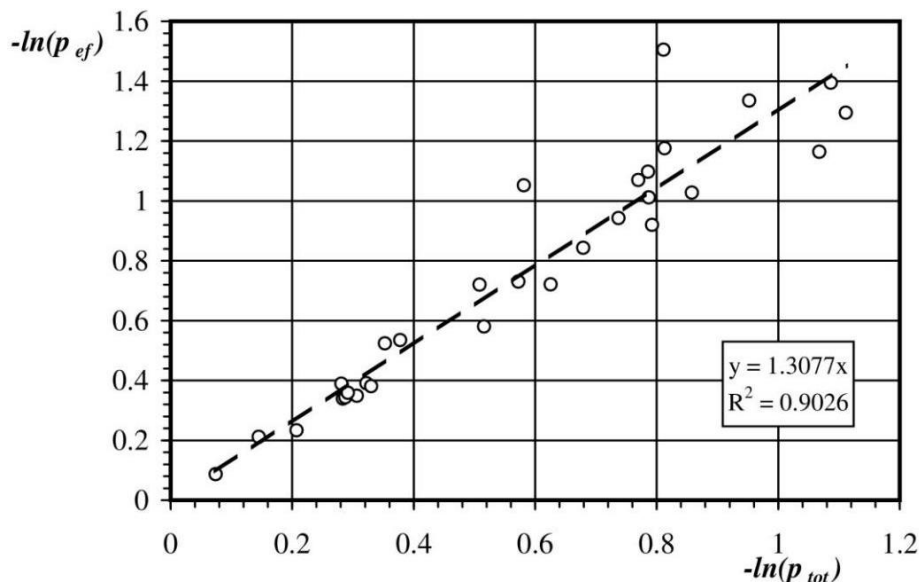


Рис. 3. Логарифмічна залежність між частками ефективних та загальних водонепроникних поверхонь для Центрального району міста Херсона

Важливим питанням, яке потребує перевірки, є наявність чи відсутність систематичної довготермінової зміни параметрів атмосферних опадів для м. Херсона. На рис. 4. наведено графік зміни в часі річної висоти шару опадів у Херсоні за період з 1945 до 2020 року.

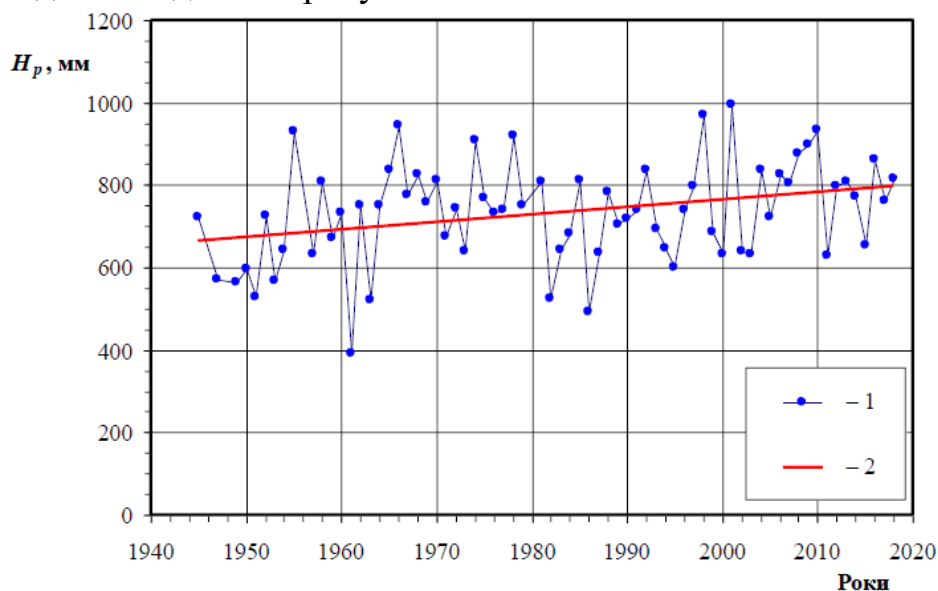


Рис. 4. Зміна в часі річної висоти шару опадів у м. Херсон за період 1945–2020 рр.: 1 – фактичні значення; 2 – лінійна апроксимація

Висновки. 1. Визначальним фактором для розроблення та імплементації адекватних практичних планів з управління поверхневим стоком є його науково-обґрунтоване моделювання, яке здійснюється відповідно до кліматичних характеристик і параметрів басейна стоку з урахуванням діапазонів їх прогнозованої зміни в часі.

2. Моделювання поведінки поверхневого стоку з урбанізованих територій є складною багатофакторною проблемою. Обґрунтовано, що достовірні результати моделювання складних дощових водовідвідних мереж з наявністю регулювальних споруд можна отримати лише з застосуванням багатофакторних чисельних моделей, що реалізуються у відповідних комп'ютерних програмах.

3. Отриману кореляцію між сумарною та ефективною непроникністю для житлових кварталів міста Херсона доцільно застосовувати як важливий параметр покриття басейна стоку при розробленні гідравлічних моделей систем дощового водовідведення в Україні.

4. Обробкою результатів гідрометеорологічних спостережень у м. Херсоні за період з 1945 р. по 2020 р. встановлено динаміку довготермінових змін в часі висоти річного шару опадів: зростання у середньому на 1,81 мм/рік, та річної кількості днів з атмосферними опадами: зменшення на 0,24 мм/рік.

Список використаних джерел

1. Василенко О.А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Поліщук О.В., Прогульний В.І. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення. Київ: КНУБА, 2007. 299 с.

2. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – Київ: Держбуд України, 2002. 108 с.

3. ДБН Б.2.2-5:2011. Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій. Київ: Мінрегіон України, 2012. 61 с.

4. ДБН В.1.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 34 с.

5. ДБН В.1.1-7:2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Держархітектурбуд. 2002. 62 с.

6. ДБН В.2.3-5-2001. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. Київ: Держбуд України, 2002. 52 с.

7. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ: Мінрегіон України, 2013. 128 с.

8. ДСТУ-Н Б В.2.5-61:2012. Настанова з улаштування систем поверхневого водовідведення. – Київ: Мінрегіон України, 2012. 30 с.

9. Ігнатенко О.П. Стан зливової каналізації в Україні та нормативно-правове забезпечення з питань облаштування поверхневого водовідведення. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Київ: КНУБА, 2011. Вип. 17. С. 7-9.

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА ПРОГРЕСУЮЧЕ РУЙНУВАННЯ АНТЕННИХ СПОРУД СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

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

Вступ. Антенні споруди стільникового зв'язку – широкий клас споруд, які призначені для розміщення на них технологічного і радіотехнічного устаткування. За конструктивною схемою антенні споруди поділяються на вежі, щогли та комбіновані опори. Відмінна риса антенних споруд – велика висота (у порівнянні з розмірами поперечних перерізів), тому несучі конструкції та вузли розраховують в основному на атмосферні навантаження – вітрові, ожеледні та температурні. Елементи несучих конструкцій антенних споруд вирізняються різним ступенем складності визначення технічного стану, а також значною кількістю факторів, що можуть призвести до фізичного зносу, деформацій, наднормативних відхилень осі споруди від вертикалі, дефектів та пошкоджень.

Надійність антенних споруд є найважливішим аспектом їх експлуатаційної придатності. Оцінка технічного стану антенних споруд стільникового зв'язку показує актуальність проблеми аварійності та необхідність комплексного підходу до систематизації аварійних дефектів та шляхів їх попередження або вирішення уже існуючих. До основним параметрів конструкцій, які суттєво впливають на експлуатаційну придатність є міцність, стійкість, гнучкість несучих елементів, а також відхилення осі споруди від вертикалі в стані спокою та кутові переміщення в рівні розміщення радіорелейних антен. Для визначення технічних станів передусім необхідно проаналізувати навантаження і впливи, які сприймають антенні споруди, що експлуатуються.

Метою роботи є опис навантажень і впливів, що виникають при експлуатації антенних споруд стільникового зв'язку та їх безпосередній вплив на ймовірність аварій та руйнування антенних споруд.

Основна частина. Термін «прогресуюче руйнування» відноситься до ситуації, коли руйнування або пошкодження будь-якої малої частини споруди веде до повного або майже повного руйнування всієї конструкції. Аварійні впливи або ситуації можуть бути викликані діяльністю людини (вибухи газу, теракти, пожежі, наїзди транспорту, дефекти проектування, будівництва та експлуатації споруд, некваліфікована реконструкція, супроводжувана ослабленням або перевантаженням несучих елементів) або природними явищами (землетруси, урагани, зсуви, нерівномірні деформації основ). Оскільки неможливо повністю виключити ймовірність виникнення таких ситуацій, необхідно забезпечити певну ступінь безпеки і збереження телекомунікаційного обладнання

за рахунок зменшення ймовірності прогресуючого обвалення при локальних руйнування несучих конструкцій.

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. До постійних навантажень слід відносити власну вагу металлоконструкцій та монтажні натяги відтяжок щогл, до змінних тривалих – вагу телекомунікаційного обладнання та кабельної траси 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.

Вітрові навантаження відносяться до змінних короточасних навантажень, для яких встановлюються два розрахункових значення – граничне та експлуатаційне. При визначенні вітрового навантаження необхідно враховувати цілу сукупність параметрів таких, як вітровий район місцевості, аеродинамічні коефіцієнти конструктивних елементів споруди, рельєф, географічна висота, висота споруди, вплив пульсаційної складової вітрового навантаження і просторову кореляцію вітрового тиску на споруду.

Ожеледно-вітрові навантаження відносяться до епізодичних навантажень які слід враховувати при розрахунку несучої здатності антенних споруд зв'язку. Це сукупність ваги ожеледних відкладень та нормального вітрового тиску на елементи споруди, площа яких збільшена стінкою ожеледі. Товщина стінки ожеледі визначається за допомогою характеристичних карт районування території України [1]. Вагу ожеледі слід враховувати як на всіх металлоконструкціях споруди, так і на телекомунікаційному обладнанні та кабельній трасі. Температуру повітря при ожеледі для розрахунків слід приймати мінус 5 °С. Особливу увагу ожеледно-вітровим навантаженням слід приділяти для антенних споруд, розташованих в Одеській області з характеристичними значеннями

товщини стінки ожеледі у 28 мм, оскільки в переважній більшості випадків це буде найбільш несприятливою комбінацією розрахункових навантажень.

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.

До аварійного сполучення крім постійних і змінних навантажень може входити тільки один епізодичний вплив.

Номер варіанту сполучень	Номер завантаження													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Власна вага металевих конструкцій стовбура щогли	Вага АФП (антенно-фідерних пристроїв)	Вітрове навантаження на стовбур щогли	Вітрове навантаження на антени	Вітрове навантаження на відтяжки щогли	Вага ожеледних відкладень на стовбурі щогли та на АФП	Вага ожеледних відкладень на відтяжках щогли	Вітрове навантаження на стовбур щогли, закритий ожеледдям	Вітрове навантаження на антени, закриті ожеледдям	Вітрове навантаження на відтяжки щогли, закриті ожеледдям	Температурні навантаження на відтяжки щогли при середньорічній температурі повітря	Температурні навантаження на відтяжки щогли, які відповідають температурі повітря -5°C	Температурні навантаження на відтяжки щогли, які відповідають температурі повітря -40°C	Температурні навантаження на відтяжки щогли, які відповідають температурі повітря +40°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
2	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
4	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Розрахунок відтяжок														
5	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
6	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
7	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
8	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
9	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Примітка: + - навантаження входить до сполучення
 - - навантаження не входить до сполучення

Рис. 1. Приклад комбінацій навантажень при розрахунку щогли.

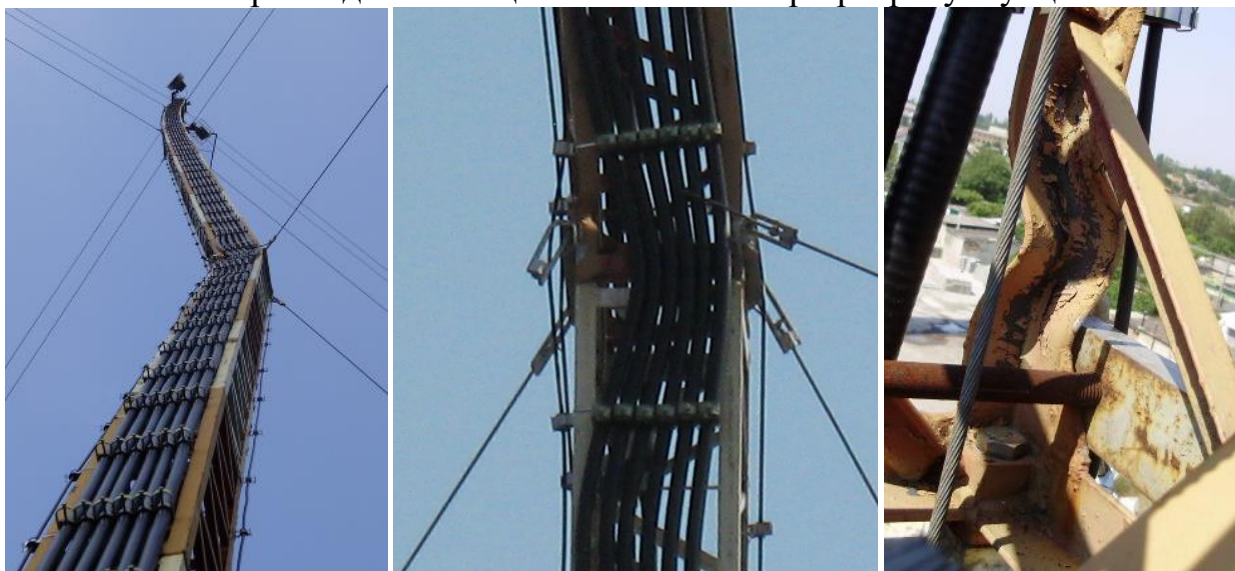


Фото 1-2. Приклади прогресуючого руйнування антенних споруд зв'язку.

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. Павловський, В.Ф., Кондра, М.П., (1979). *Сталеві бапти (проекування та монтаж)*. Київ: Будівельник.

3. Голоднов, О.І., Доан, Н.Т. (2010). Дослідження основних впливів на технічний стан антенно-щоглових споруд. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*, 5, 237-245.

4. Молчанов, Д.С. (2013). Аварії опор мобільного зв'язку. *Сборник научных трудов ОГАСА «Современные строительные конструкции из металла и древесины»*, 17, 152-157.

5. Padun Y.O., Bilash A.I, Bibik M.V. (2024, 06 листопада). Research of types of cellular communication antenna structures in use. *Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції «Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики»*. Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 369-370.

6. Гасенко, А.В., Фенко О.Г., Бібік М.В., Падун Ю.О. (2024, 23-24 травня). Типи антенних споруд мобільного зв'язку. *Матеріали тез доповідей XIV міжн. наук.-практ. конф. «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*, т. 2. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 170-171.

УДК 624.01

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ І РУЙНУВАНЬ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ХЕРСОНЩИНИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Кошевий І.О., магістрант, інженер ТОВ «Терен»

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Збройна агресія на території України спричинила значні руйнування цивільних і промислових об'єктів у багатьох регіонах, зокрема на Херсонщині. Інтенсивні бойові дії призвели до пошкоджень будівель різного призначення, що вплинуло на соціально-економічний розвиток регіону та безпеку населення [1,2]. Аналіз руйнувань дозволяє оцінити масштаби втрат та сформувати підходи до відновлення інфраструктури [3].

Мета дослідження: виявити основні типи пошкоджень будівель на Херсонщині, оцінити вплив бойових дій на інфраструктуру та надати рекомендації щодо відновлення.

Основними завданнями роботи є:

- вивчення характеру та класифікації руйнувань залежно від типу будівель та споруд;
- аналіз причин виникнення пошкоджень під час бойових дій;
- оцінка наслідків руйнувань для життєдіяльності регіону;
- розробка рекомендацій щодо відновлення зруйнованих об'єктів.

Тему руйнувань будівель через бойові дії вже не раз досліджували, зокрема на прикладі конфліктів у Сирії та Іраку. В Україні найбільше уваги приділено аналізу руйнувань у Донецькій та Луганській областях, але ситуація на

Херсонщині поки що вивчена недостатньо. Це важливо через масштаби пошкоджень та стратегічне значення інфраструктури в цьому регіоні. [5].

Основна частина. Дослідження руйнувань на Херсонщині проводили комплексно. Основні етапи: виїзди на місця для фотофіксації, аналіз звітів ДСНС [7] та інших структур, опитування місцевих жителів про обстріли [8], вивчення супутникових знімків та технічних висновків інженерів[10].

Руйнування класифікували за типом будівлі (житлові, громадські, промислові, інфраструктурні), характером пошкоджень (часткові, повні, деформації), причинами (артобстріли, авіаудари, підриви), матеріалами (бетон, цегла, метал, дерево) та ступенем пошкодження (легкі, середні, важкі, критичні).

Сьогодні хочу розповісти про те, як проводиться експрес-аналіз стану будівель і споруд після бойових дій, зокрема на прикладі мого досвіду в Херсонській області.

Після авіаудару була зруйнована десятиповерхова будівля. Оперативно, одразу після удару, потрібно було провести експертний аналіз — так званий «аналіз із коліс», — аби надати дозвіл на роботу підрозділам ДСНС. Їм потрібно було безпечно наблизитися до будівлі для проведення рятувальних робіт. Найважливішим було оцінити конструктивний стан споруди протягом 10 хвилин і визначити критичні елементи, які необхідно демонтувати негайно.

Зокрема, аналіз дозволяє виявити: небезпечні плити перекриття, які можуть впасти; перемички над дверними та віконними отворами, що загрожують обваленням; фрагменти стін, цегляної кладки, які при обрушенні можуть перешкодити рятувальним роботам або завдати шкоди людям.

Ускладнення полягає в тому, що через загрозу повторного удару спецтехніку не завжди можливо застосувати. Це вимагає максимально швидкого і точного візуального аналізу з боку фахівців.

Після початкового обстеження формується комісія, до складу якої входять: інженери-будівельники; представники міської влади; рятувальники ДСНС.

Разом ми проводимо опитування свідків події, розробляємо попередній план доступу до споруди, перевіряємо прилеглі будівлі на предмет тріщин, осідання ґрунту, загрози обвалу. Важливо оцінити поведінку всього кварталу — адже один удар може вплинути на кілька будинків.

Інженери будівельного профілю проводять детальний аналіз конструктивних елементів: фундаменту, несучих стін, опор. У підсумку комісія приймає рішення: чи є сенс у реконструкції будівлі, або ж необхідний повний демонтаж з подальшим зведенням сучасного, більш економічного об'єкта.



Рис. 1. Пошкодження будівлі авіаударом
(вигляд спереду)



Рис. 2. Пошкоджена будівля
(вигляд зверху)

Пошкодження колони й плити перекриття внаслідок артилерійського удару.

У другому випадку артилерійський удар пошкодив іншу десятиповерхову будівлю. Постраждали: несуча колона; плита перекриття на сьомому поверсі.

Група інженерів-будівельників провела оперативне обстеження. Мета — оцінити, чи можливо: евакуювати мешканців (частково або повністю); продовжити експлуатацію нижніх поверхів; провести реконструкцію.

Особливу увагу приділили поверхам 8, 9 і 10. Було обстежено: стан ґрунтів; тріщиностійкість стін і бетонних конструкцій (за допомогою відповідного діагностичного обладнання).



Рис. 3. Зруйнована лоджія артударом

Рис. 4. Реконструкція

На основі результатів розроблено чіткий план робіт: підсилення або заміна колони; ремонт плити перекриття; відновлення пошкоджених ділянок.

Роботи виконувались дуже обережно, з урахуванням неможливості використання риштувань, підйомників та іншої техніки — через загрозу повторних ударів.

Після завершення реконструкції проводився повторний аналіз, щоб підтвердити надійність і безпеку будівлі.

Аналіз будівель після бойових ушкоджень — це надзвичайно відповідальна та небезпечна справа. Вона вимагає швидкості, професіоналізму й чіткого планування.

Головне завдання — зберегти життя людей та забезпечити можливість безпечного проведення рятувальних і відновлювальних робіт.

Масштабне обстеження міста після бойових дій та затоплення



Рис. 5. Зруйнована Каховська ГЕС



Рис. 6 Зруйнований міст через р. Дніпро

Станом на сьогодні понад 75% будівель у місті Херсон мають пошкодження внаслідок авіа- та артобстрілів, а також після катастрофічного затоплення через підриг Каховської ГЕС. Це вимагає масштабного обстеження всієї інфраструктури міста та області.

Особливу увагу слід приділяти:

будівлям і спорудам, що розташовані поблизу річок і водойм (зокрема Дніпра); конструкціям, які потрапили під вплив підземних вод; об'єктам культурної спадщини та архітектурним пам'яткам; будівлям, що мають ознаки осідання, нахилу або втрати жорсткості [5].

Необхідно проводити науково-дослідницькі роботи ґрунтів, адже ситуація після підригу ГЕС суттєво змінила гідрогеологічні умови. Частини міста можуть входити до сейсмічно активної зони або зони зі слабкими ґрунтами, що критично важливо для будь-якого нового будівництва.

Висновок. Всі нові будівництва в Херсоні та області мають враховувати змінені умови ґрунтів і сейсмічну нестабільність.

Необхідно оновити норми проєктування з урахуванням посттравматичного стану ґрунтів.

Для приватного і багатоповерхового будівництва слід впровадити нові норми несучої здатності ґрунту.

Важливо вести постійний моніторинг за станом вже пошкоджених будівель, аби уникнути надзвичайних ситуацій у майбутньому.

Список використаних джерел

1. Антонюк О.В., Сидоренко М.Г. Аналіз руйнувань житлових будівель внаслідок бойових дій на сході України // Будівельна наука і практика. — 2023. — №2. — С. 45–52.
2. Бондаренко І.В. Досвід реконструкції зруйнованих об'єктів інфраструктури в умовах воєнних конфліктів // Вісник будівництва. — 2022. — №4. — С. 63–70.
3. Гусейнова Л.С. Стійкість будівельних конструкцій при вибухових навантаженнях // Наукові праці будівельного інституту. — 2021. — №3. — С. 12–19.
4. Іванченко П.М. Руйнування промислових об'єктів внаслідок авіаційних ударів: моделювання та аналіз // Технічний журнал інженерії. — 2022. — №1. — С. 29–37.
5. Ковальчук Р.В. Відновлення транспортної інфраструктури після бойових дій: методи та технології // Транспортна інфраструктура України. — 2023. — №5. — С. 78–84.
6. Марченко Ю.О., Литвиненко Д.С. Соціально-економічні наслідки руйнувань на Херсонщині // Регіональні проблеми економіки. — 2024. — №1. — С. 90–97.
7. Державна служба з надзвичайних ситуацій України. Офіційні звіти про руйнування на Херсонщині (2022–2024 рр.).
8. Супутникові знімки території Херсонської області, отримані з відкритих джерел (2023–2024 рр.).
9. Український інститут реконструкції. Рекомендації з відновлення зруйнованих будівель в умовах воєнного часу. — Київ: Український інститут реконструкції, 2023.

УДК 699.86:69.059.26:504.4

РОЗРОБКА ЕКОНОМІКО-ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЛІ ПІСЛЯ ТЕХНОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ ВПЛИВІВ ТА УСУНЕННЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

Слонь В.В., к.т.н доц., Заїко В. І., магістрант

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький

Вступ. Інтенсивні військові дії на території України призводять до все більших руйнувань приватного житла наших громадян.

Відновлення одного з головних елементів будинку, такого як дах це можливість для людей мати житло і продовжувати жити у своїй оселі. Тому,

швидкий ремонт пошкоджених покрівлі та під покрівельної гідроізоляції (гідробар'єру) – це важливі питання для людей [4], [5].

Основний текст. Метою є обґрунтування та розробка економіко-ефективного методу відновлення покрівлі та під покрівельної гідроізоляції даху будинку пошкоджених в наслідок осколочного посічення, вибуху тощо [5].

Аналіз типових пошкоджень дахів, розробка алгоритму дій для їх усунення та методу ремонту покрівлі спирається на сучасні вимоги до будівельних конструкцій [2], [3].

Для швидкого відновлення під покрівельної гідроізоляції (гідробар'єру) розроблен наступний метод виконання робіт.

Головне, що роботи можуть виконуватися локально, ділянками - без повного розкриття даху і демонтажу частин дерев'яних конструкцій, таких як обрешітка і контррейка [5]. Цей метод дозволяє проводити ремонтні роботи в погоду без опадів, відкривати частину даху, ремонтувати і закривати дах цього ж дня, що гарантує захист будинку від заливань [1], [4].

Представлені нижче зображення (рис. 1) зруйнованої під покрівельної гідроізоляції наочно демонструють важливість цього питання:



Рис. 1. Зображення зруйнованої під покрівельної гідроізоляції:

а) до торкання рукою; б) після проведення рукою

Якщо, подивитися на зображення, то видно, що на рис. 1а плівка покрівельна начебто є, але це не так – вона вже пройшла процес деструкції і зруйнувалася на молекулярному рівні, так що від неї залишалася тільки пп сітка.

На рис. 1б теж саме місце але після проведення рукою по сітці – вона осипалася. На цих фото найдешевший гідробар'єр, який по дослідженням на сонячній стороні може проіснувати приблизно два/три сезону до руйнування.

Наступний приклад руйнування найкращого плівкового гідробар'єру за якістю бренду «Jutta» (рис. 2). Цей гідробар'єр може відпрацювати на сонячній стороні до 8 років. Але в результаті все одно буде потрібно його також міняти.



Рис. 2. Руйнування найкращого плівкового гідробар'єру за якістю бренду «Jutta»

Розроблений алгоритм виконання дій по заміні природньо зруйнованої або осколочно пошкодженої під покрівельної гідроізоляції на нову супердіфузійну мембрану:

1. Оцінити розміри ділянки для проведених ремонтних робіт з урахуванням того, щоб відкриту ділянку можливо було відремонтувати і закрити до кінця робочого дня.

2. Демонтувати покрівлю на цієї ділянці (штучна або металочерепиця). Рекомендується відкривати не більше двох довжин прольотів крокв для впевненості, що вони будуть відновлені і закриті до кінця робочого дня. Також, це зручно – не накопичувати на даху велику кількість демонтованої покрівлі.

3. Провести монтаж нової під покрівельної гідроізоляції супердіфузійної мембрани. Монтаж мембрани проводиться способом «розжолобка», коли кріплення проводиться за допомогою будівельного степлеру від верху контррейки, спускаючися по стіні контррейки, далі поверх старого гідробар'єру, потім знов по стіні контррейки напроти і на верх її.

4. Зворотній монтаж покрівлі.

Приклад монтажу (рис. 3):



Рис. 3. Приклади монтажу мембрани

Розроблена схема відновлення під покрівельної гідроізоляції показана на рисунку 4.

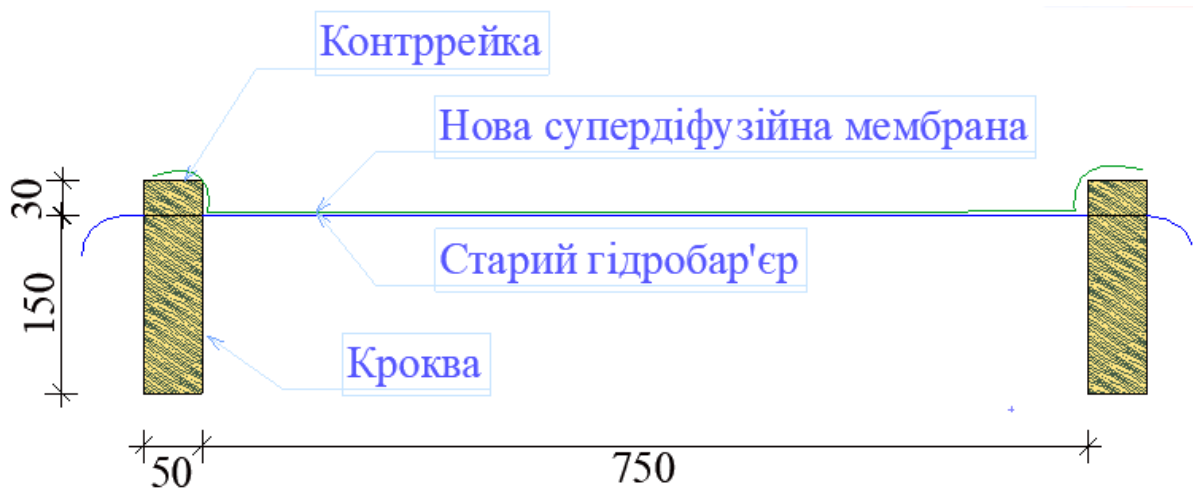


Рис. 4. Фрагмент покрівельного пирога

На рисунку показано фрагмент покрівельного пирога, а саме – конструкцію кроквяної системи з гідро- та парозахисними шарами, ймовірно, в процесі ремонту або модернізації.

Зображення (рис. 1–4) слугують прикладом фізичного руйнування гідробар'єру й ілюструють потребу в якісній дифузійній мембрані [4].

Монтаж супердифузійної мембрани відповідає рекомендаціям нормативних документів щодо гідроізоляцій дахів [1], [3].

Висновок. Практичне використання цього методу по відновленню під покрівельної гідроізоляції покрівлі зі штучної та металочерепиці довів свою дієвість, суттєво знижуючи витрати на проведення демонтажних та монтажних робіт.

Також, гарантує захист будинку від атмосферних опадів, так як роботи проводяться локально в закінченому циклі робочого дня. Це дозволяє не хвилюватися про можливі затікання та руйнування внутрішнього оздоблення оселі, що також дуже економить ресурси людей, власників будинку.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2021.
2. ДБН В.2.6-14-2006. Конструкції будівель і споруд. Покриття будівель і споруд. – К.: Держбуд України, 2006.
3. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Матеріали гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
4. Галіцький, В.С. Гідроізоляційні матеріали в будівництві: сучасні підходи та технології / В.С. Галіцький. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2020.
5. Романюк, С.О. Відновлення захисних властивостей покрівель після аварій / С.О. Романюк // Будівельні конструкції. – 2022. – № 4. – С. 17–22.

ДЕФОРМАЦІЙНІ ШВИ ЯК ЗАСІБ ОБМЕЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОШКОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД УНАСЛІДОК РАКЕТНОГО УДАРУ

*Чеканович М.Г. к.т.н., доц. кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна*

Вступ. Одним із найбільш руйнівних видів впливу на інфраструктуру нашої країни є ракетні удари. Унаслідок цього пошкоджуються або повністю руйнуються будівлі та споруди, а також їхні значні частини. Проведення обстежень і досліджень наслідків такого впливу дозволяє на основі аналізу визначити чинники та конструктивні рішення, що здатні мінімізувати масштаби руйнувань у майбутньому. Отримані результати можуть бути враховані під час розроблення нормативних документів, проєктування нових об'єктів будівництва та реконструкції існуючих споруд в умовах сучасних воєнних дій [1–6].

Водночас відомо, що у будівельній практиці деформаційні шви традиційно застосовуються в будівлях і спорудах для запобігання руйнуванням, спричиненим температурними деформаціями, осіданням та просіданням ґрунтів основи, а також сейсмічними впливами [2].

Основний текст. Проведено комплекс досліджень і технічних обстежень будівель та споруд після ракетних ударів. Серед об'єктів — громадські та житлові будинки, промислові будівлі й споруди, зокрема гідротехнічного призначення.

Сьогодні, аналізуючи пошкодження й руйнування будівель і споруд унаслідок ракетних та бомбових ударів, а також інших вибухових впливів, можна стверджувати, що деформаційні шви запобігають поширенню зон руйнування та обмежують зону ураження й пошкодження. Так, на прикладі консольної залізобетонної силової конструкції плити покриття, що зазнала ракетного удару (рис. 1, 2), видно, що суттєві руйнування не поширюються за межу розташування деформаційного шва. Деформаційний шов улаштовано поблизу високовольтної металеві опори порталу з боку пролому плити. Як видно на рис. 1, збереження високовольтного металевих стовпа критичного електропостачання зумовлено близькістю деформаційного шва.

Аналогічну ситуацію зафіксовано після ракетного удару по будівлі малого навчального корпусу Херсонського державного аграрно-економічного університету (рис. 3). Тут, незважаючи на те, що удар припав близько до місця розташування деформаційного шва, руйнування майже не поширилося за його межі. За швом конструкція цегляної стіни зберегла несучу здатність як по фасаді, так і по внутрішній самонесучій стіні. Водночас з іншого боку деформаційного шва зруйновано збірне залізобетонне перекриття між першим і другим поверхами, а також покриття. Руйнування зазнав і монолітний залізобетонний пояс (рис. 3). За кілька метрів від фасаду будівлі утворилася вирва глибиною до 4–5 метрів.

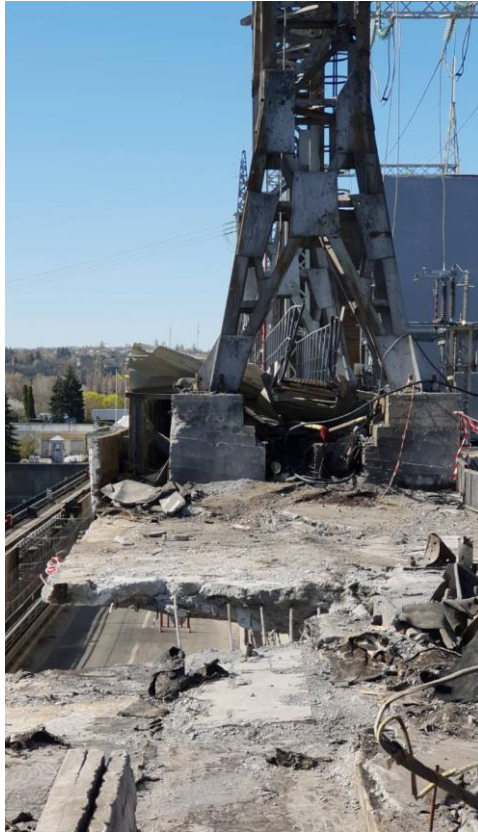


Рис.1. Руйнування консолі залізобетонної силової плити покриття внаслідок ракетного удару



Рис. 2. Руйнування залізобетонної консольної частини плити. Вид знизу



Рис. 3. Руйнування будівлі внаслідок ракетного удару, завданого поблизу деформаційного шва



Рис. 4. Руйнування фундаменту будівлі під дією ударної хвилі, спричиненої ракетним ударом по ґрунту

Як для споруди гідротехнічного комплексу, так і для будівлі навчального корпусу, очевидно є асиметрія зон руйнування. Це пояснюється тим, що деформаційний шов став на заваді поширенню процесу руйнування та пошкодження будівельних конструкцій.

Слід зазначити, що під час оцінки технічного стану будівель і споруд за результатами технічного обстеження необхідно звертати увагу й враховувати пошкодження та руйнування, розташовані на відстані від місця ракетного удару. Так, у силовому покритті споруди (рис. 1, 2) було виявлено критичні тріщини вздовж ригеля, які обмежувалися деформаційним швом. А в громадській будівлі (рис. 3) спостерігалися не лише тріщини, а й руйнування та значне зміщення фрагмента фундаментного блока зі створу фундаменту на рівні підземної частини. Це стало наслідком ударної дії вибухової енергії ракетного удару на ґрунт (рис. 4).

Висновки. Виходячи з досвіду обстеження будівель і споруд, пошкоджених ракетними ударами, та аналізу отриманих результатів, можна рекомендувати доповнення до відомої системи класифікації обґрунтування необхідності влаштування деформаційних швів у будівлях і спорудах таким чинником, як вибуховий ракетний або бомбовий удар. Упровадження цієї рекомендації в нормативну базу, проектну документацію, а зрештою — і в будівельну практику дозволить зменшити руйнівні наслідки від ракетних і бомбових ударів.

Звісно, необхідно накопичити практичні дані, провести їх узагальнення та теоретично обґрунтувати рекомендований крок (інтервал) деформаційних швів у будівельних конструкціях. При цьому слід зазначити, що призначення будівлі, навантаження на її частини, а також рівень відповідальності її ділянок, які виокремлюються деформаційними швами, мають відігравати не останню роль у прийнятті відповідних проектних рішень.

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). Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 261-268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>
4. 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>
5. Залізобетонні конструкції з натягом арматури на бетонну суміш: монографія / Мечислав Чеканович; ХДАЕУ. – Одеса: Олді+, 2024. – 146 с.
6. Чеканович М. Г. (2024). Попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (6), 254-261. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.29>

ENSURING THE SAFE USE OF WAR-DAMAGED INFRASTRUCTURE OVER ITS LIFE CYCLE

*Anton Hasenko, Doctor of Technical Sciences, Associate professor
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine*

Leo Lapidus, Master of Science

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

*Mikola Bibik, Candidate of Technical Sciences, Associate professor
LLC «SOLID POLTAVA», Poltava, Ukraine*

Introduction. The failure or disruption of critical infrastructures leads to significant impairments to public safety and serious supply bottlenecks. The built environment is systemically relevant. Transportation infrastructure networks as well as residential and non-residential buildings are a backbone for health, safety and economic and social well-being. While the assessment of existing structures is generally a challenging task, the degree of difficulty increases considerably in the event of war the structures are damaged and difficult to access (see fig. 1 and 2). Resources for maintenance and assessment are severely limited. Nevertheless, questions arise as to what loads the war-damaged buildings can still withstand and under what conditions they can be used safely and for what purpose.



Fig. 1. A partial collapse and craters in the deformed superstructure reduce the load-bearing capacity of the structure. How reliable is the bridge?



Fig. 2. The damage to the building is considerable. Under what conditions can it be used safely and for what purposes?

Project objective. The aim of this research project and the research cooperation is to develop a new method for the data-based assessment of the remaining load-bearing capacity of war-damaged bridges and buildings. The actual structural reliability forms the basis for the derivation of (a) the current safe utilization possibilities and (b) the optimal constructive measure that enables the desired use in a resource-saving manner. This method is implemented within the AAS Dataspace for Everybody to realize the

integration into Manufacturing-X compliant data spaces and to enable an efficient reconstruction of structures [1].

Main section. The overall project objective is achieved through the sub-objectives defined below (see fig. 3):

1. Definition and classification of the relevant building types and building data. This includes analyzing whether and what information and documents are available about the buildings and infrastructure structures. We develop strategies for inspecting and monitoring the structures so that the additional information about the structure, the materials and the loads required for the reliability assessment can be collected in a targeted manner.

2. Extension of the administrative shells to war-damaged structures. The further development of existing ontologies is the basis for the automated generation of digital twins using Industry 4.0 administration shells, which form the central platform for data exchange and data processing and can manage all (heterogeneous) information about the corresponding buildings [2]. This means that all Information relevant to utilization and reconstruction decisions is available digitally. The developments benefit from current research and development work in the context of Industry 4.0 and in particular from Manufacturing-X and data rooms.

3. Data supported reliability assessment and derivation of decision variants. The information bundled in the digital twin is used to assess the remaining structural load-bearing capacity of buildings and components [3]. The innovative extension to the life cycle of war-damaged structures compared to European standards enables the identification of short-term utilization options and, in addition, the derivation of construction and repair concepts to be implemented in order to achieve the desired benefit.

4. Platform for efficient operations and reconstruction management. The assessment results are mapped in the digital twin in order to (a) calculate performance Indicators (Pis) and (b) identify non-linear relationships between the building information and the building reliability using artificial intelligence [4]. The uniform structure of all digital twins simplifies access to the database, enables data analyses and modeling for improved prediction of the load-bearing capacity of buildings. The project results are therefore scalable and can make a significant contribution to efficient operational planning, more realistic risk minimization and resource saving maintenance and reconstruction management.

Involvement of young scientists from Germany and Ukraine. The research cooperation is by the combination of digital-technical and technical-communicative measures. The BBox will be used as a central platform for the exchange of technical and scientific information. The environment will be accessible to all those involved in the research cooperation. In this way, not only can the database be widely used and successively expanded, but joint and thus needs-based research work can be carried out on the methods and models implemented there. The high level of scalability is an essential prerequisite for the intended longer-term cooperation, which is to be realized through third-party funding based on this project. The medium-term goal is to transfer the results and findings generated with primary reference to buildings to other critical infrastructures.

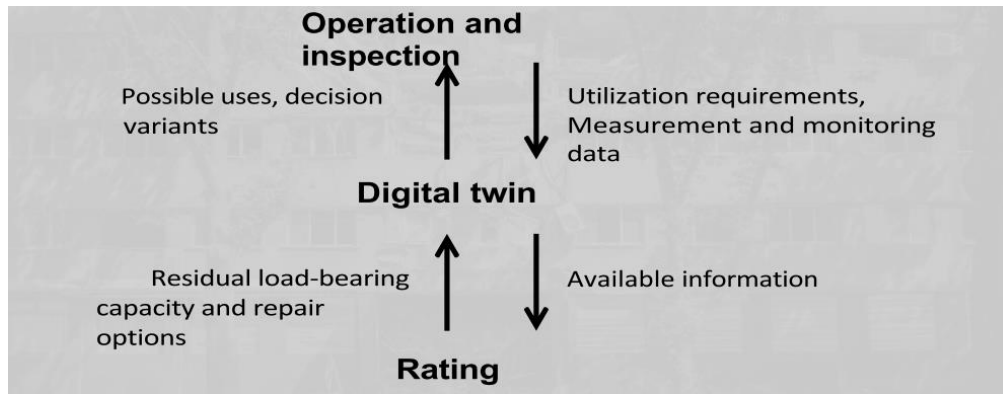


Fig. 3. The digital twin as a central platform for maintenance and reconstruction management

For integration and networking in research and development, we will not only participate specifically in workshops for doctoral students and early stage researchers participate. We will use our contacts in the professional world to enable at least hybrid participation of the project partners in suitable formats. One concrete example is the Young Researchers Symposium (12) which takes place regularly at RPTU Kaiserslautern-Landau and at Fraunhofer IESE and ITWM. The regular professional and organizational exchange within the project is a matter of course for us, as is the close networking and joint supervision of the young doctoral candidates.

Communication of the research process and research results. To communicate the research results and the research process, we plan to publish in renowned international journals and conference proceedings. These include the events of the International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) and the International Federation for Structural Concrete (fib) as well as journals such as "Automation in Construction" and "Engineering Structures" (both Elsevier). We will publish the process as project notes and in relevant workshops in order to promote critical exchange with the community and disseminate progress at an early stage. To promote public relations, we will set up a project website as a central information platform for interested parties, partners and the public. Explanatory videos created by us will present the advantages and possible applications of our developments, as the technology is not yet widely used in the target domain. The existing social media channels will also be used.

Conclusions. *Utilization and application possibilities.* The ability to assess structural reliability and remaining load-bearing capacity efficiently and based on data offers considerable potential for the reconstruction and sustainable use of damaged structures. The potential uses are not limited to Ukraine and in the event of war. In other conflict regions and after natural disasters, the results are also of great benefit for determining necessary, efficient conservation, reuse and reconstruction measures. The methods and tools developed in the project not only enable the precise planning of these measures, but also their optimization by scaling them up to system level. As a result resources can be conserved and costs reduced.

Further advantages arise from the integration of the developed method with existing data space implementations and Industry 4.0 standards: Implementation in the AAS Dataspace as a Manufacturing X-compliant data from creates a standardized

platform that both public and private stakeholders can use to access and use the information. This allows maintenance measures to be planned, coordinated and monitored digitally. The digital twins developed during the load-bearing capacity assessment can be used beyond the direct area of application for the inspection and mortaring of structures and over the entire life cycle. By providing the data as standardized digital twins, the more the platform is used, the more data is available that can be used to improve and optimize the AI models. This provides decision-makers with a powerful tool to manage risks and evaluate the benefits as well as the increase the safety of buildings. The project results therefore have a high potential for commercialization. Software and consulting services based on the developed digital twins could be offered for both the civil and industrial markets.

The availability of the methods developed in the project for calculating carrying capacity contributes to the restoration of critical infrastructure, ensures public safety and improves the quality of life in regions affected by war and disasters. The project also makes a contribution to society.

In the project, Fraunhofer IESE contributes state-of-the-art technologies and standards, especially for Digital Twins and Data Spaces, and supports modeling using AI as well as the implementation of the method developed in the project together with UniBw and NUPP. To implement digital twins, IESE uses Eclipse BaSyx, an open source platform for Industry 4.0 asset administration shells (AAS), as the central technology for managing and integrating digital twins. This provides heterogeneous information from different Sources (e.g. inspection, material and load data) in a standardized, interoperable form. In this way, we ensure that our digital twins can be integrated as digital twins in Manufacturing X-compliant data rooms. We also ensure scalability, as BaSyx is already being used productively by numerous companies. AAS also offer a structured database that can be evaluated in real time and is ideal for AI-supported analyses and for training AI models. This ensures that the project results can be further developed and transferred to new areas of application even after the end of the research project as part of a longer term planned cooperation. Interoperability with third party activities, e.g. for network visualization, is promoted by the high degree of standardization of the interfaces [5].

References

7. <https://www.iese.fraunhofer.de/en/solution/dataspace.html>
8. Wimmer, J.; Braml, T.; Kaiser, M. (2024) Digitale Zwillinge für Brücken mittlerer Stützweite – Teil 2: Verwaltungsschale in: Beton- und Stahlbetonbau 119, H. 3, S. 160–168. <https://doi.org/10.1002/best.202300096>
9. Küttenbaum, S. et al. (2024) Reliability and partial factor-based assessment of a highway bridge supported by nondestructive testing in: Structural Concrete. <https://doi.org/10.1002/suco.202400717>
10. Zohrabyan, V. (03.12.2024) Entwicklung eines Ingenieurmodells zur Ermittlung der Resttragfähigkeit von Stahlbeton- und Stahlfaserbetonbauteilen nach Kontaktdetonation [Dissertation]. Universität der Bundeswehr München.
11. <https://cw7az.com/business/press-releases/ein-presswire/772047985/ukraineverse-a-collaborative-initiative-for-digital-driven-reconstruction/>

PROCESSING OF EXPERIMENTAL STUDIES OF RECTANGULAR CROSS-SECTION REINFORCED BICONCRETE BEAMS

Dmitrii Romanenko, Lecturer in Construction Disciplines

The Separated Structural Subdivision Rubizhne Professional College of State Institution

«Luhansk Taras Shevchenko National University», Myrhorod, Ukraine

Anna Chegrynets, Master of Science

Konstrukteurin, HFR Ingenieure CmbH, Munich, Germany

Olexander Krupchenko, Engineer in Building Construction

Pavlo Yurko, Engineer in Building Construction

State Enterprise "State Research Institute of Building Constructions", Department of research into the technical condition of buildings and structures under dangerous geological processes, Kyiv, Ukraine

Introduction. Multilayer reinforced concrete structures are formed both during new construction to reduce weight or improve the thermophysical properties of structures, and during the reinforcement of damaged structures to restore or improve their operational properties [1]. Analysis of published materials proves the effectiveness of using such multilayer reinforced concrete structures [2-4]. The effectiveness of composite beams lies in the rational distribution of materials: concrete with higher strength works in the compressed zone, while less strong concrete is used in the tensile zone, which saves resources without losing the strength of the structure. [5].

Project objective. The aim of this work is to compare the deformability of reinforced double-skin beams with rectangular cross-sections and different height ratios of different concrete classes.

Main section. To obtain experimental data, five reinforced concrete beams and two monolithic concrete beams of rectangular cross-section were tested, namely (see Table 1):

- composite beam: concrete of the compressed zone of class C20/25 – 80 mm, concrete of the tensile zone of class C12/15 – 80 mm (sample B-1 – 3 pieces);
- double-reinforced beam: concrete of class C20/25 in the compressed zone – 40 mm, concrete of class C12/15 in the tensile zone – 120 mm (sample B-2 – 3 pieces);
- double concrete beam: concrete of the compressed zone of class C20/25 – 120 mm, concrete of the tensile zone of class C12/15 – 40 mm (sample B-3 – 3 pieces);
- double concrete beam: concrete of the compressed zone of class C20/25 – 55 mm, concrete of the tensile zone of class C12/15 – 105 mm (sample B-4 – 3 pieces);
- double concrete beam: concrete of the compressed zone of class C20/25 – 105 mm, concrete of the tensile zone of class C12/15 – 55 mm (sample B-5 – 3 pieces);

- solid concrete beam, class C20/25 (sample B-6 – 3 pieces);
- solid concrete beam, class C12/15 (sample B-7 – 3 pieces).

Table 1 – Ratio of concrete heights in experimental double-concrete beams

Type of Beam	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
Height ratio (mm) of concrete grades C20/25 to C12/15	80/80	40/120	120/40	55/105	105/55
	$h_{C20/25}/$ $h_{C12/15}=1$	$h_{C20/25}/$ $h_{C12/15}=0,3$	$h_{C20/25}/$ $h_{C12/15}=3$	$h_{C20/25}/$ $h_{C12/15}=0,5$	$h_{C20/25}/$ $h_{C12/15}=2$

The experimental samples had cross-sectional dimensions of $b \times h = 100 \times 160$ mm; total beam length – 1500 mm; reinforcement in the tension zone – $2\varnothing 12$ mm class A400C, reinforced with longitudinal clamps $11\varnothing 6$ mm class A240C. The pitch of the transverse clamps is 150 mm. The design and cross-section of the sample are shown in Figure 1 [6-7].

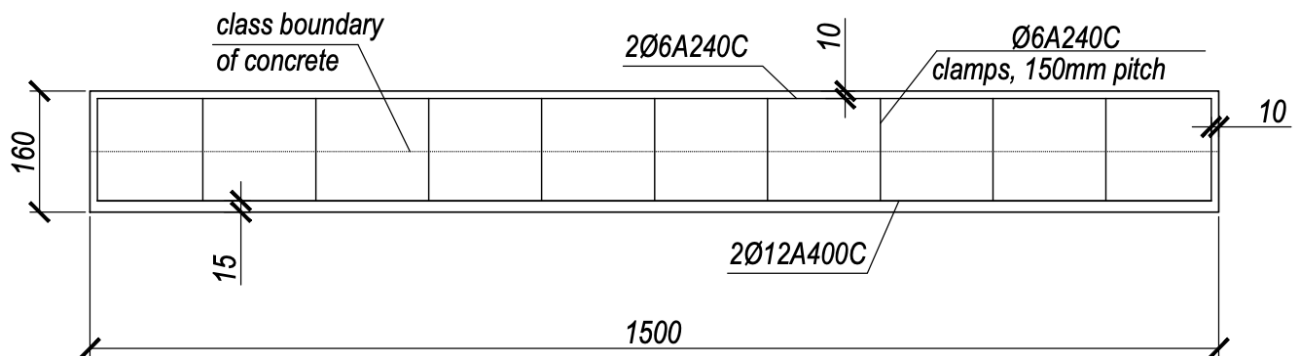


Fig. 1. Formwork drawing of experimental beams

The deformability of reinforced concrete beams is an important criterion for assessing their reliability and serviceability. This section discusses the results of experimental studies aimed at evaluating the deformation patterns of such beams under various loading conditions.

To analyse deformability, the results of experimental studies of the above-mentioned five series of reinforced concrete beams, the level of reinforcement and the ratio of concrete characteristics of different layers were analysed. The beams were tested for bending under static loading until failure. During the tests, deflections, concrete deformations in the compressed zone, and stresses in the reinforcement were recorded.

When investigating the stress-strain state of bending elements in normal sections, the deformations in the fibres furthest from the neutral layer (the most stretched and most compressed) are of decisive importance, since they can be used to judge the load-bearing capacity of the structure under investigation. As a result of measuring the

deformations in the extreme fibres of the cross-section of the studied rectangular reinforced concrete beams, measured using strain gauges, graphs of the dependence of the deformations on the bending moment of the samples of seven series were obtained.

Figure 2 shows a comparison of the development of deformations of the most compressed and most stretched fibres of double-reinforced beams of all series, as well as single beams made of concrete of higher and lower classes separately. The graph shown in Figure 2 shows that the lowest deformability is exhibited by monobeams made of higher class C20/25 concrete; the highest deformability is exhibited by monobeams made of lower class concrete, as well as bi-concrete beams of the B2 series with a ratio of $h_{C20/25}/h_{C12/15} = 40/120$ mm.

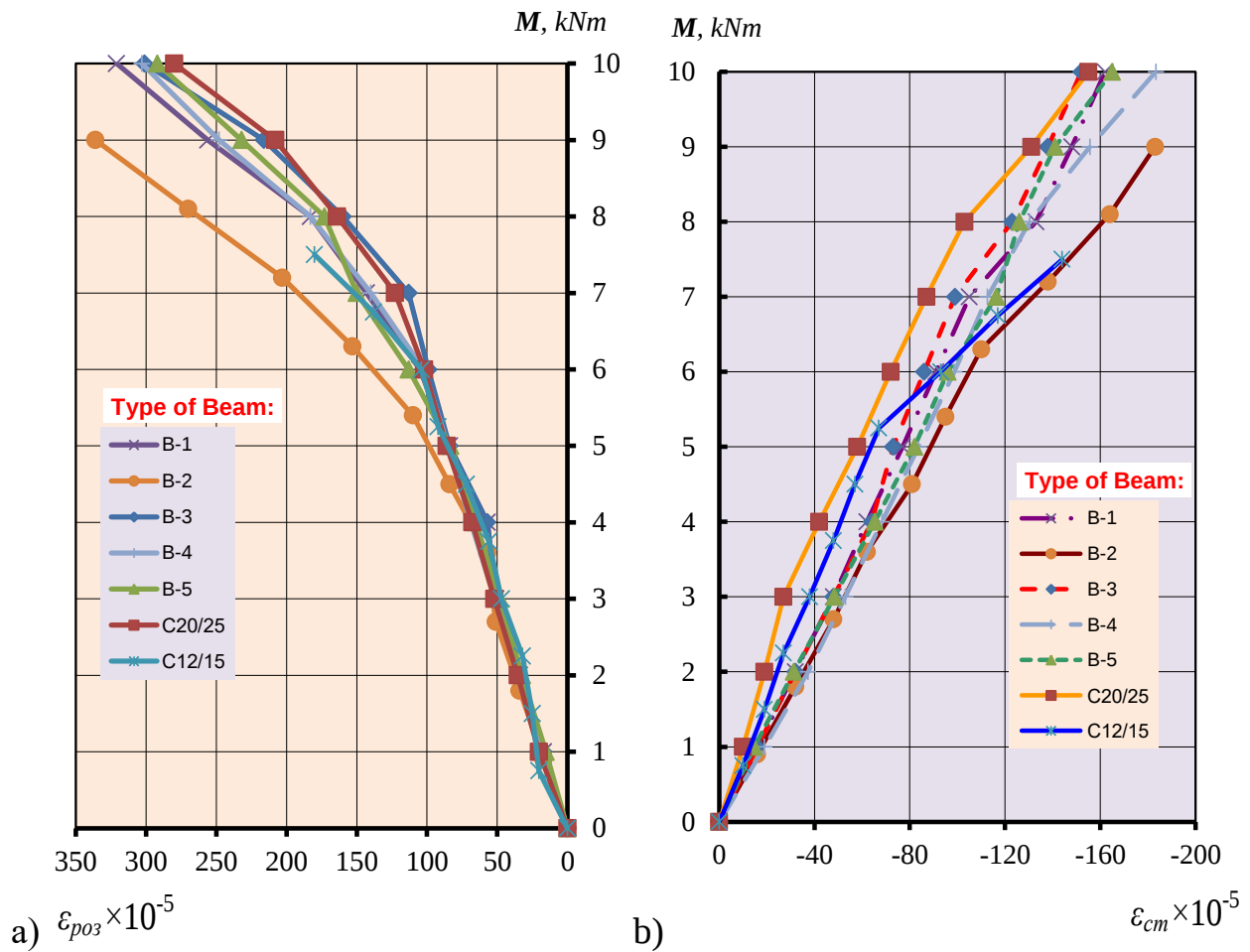


Fig. 2. Comparison of the development of deformations of the most stretched (a) and most compressed (b) fibres of all series of fibre-reinforced concrete beams

The graphs in Figure 2 show that all samples, regardless of the ratio of the heights of the higher class concrete to the lower class concrete, were elastic in the initial stages of loading in both the compressed and tensile zones of the bending element cross-section. Plastic deformations were observed at loads of 60-65% of the destructive load; the bending moment was 5.7-6.3 kNm. Based on the strain gauges glued to the tensile zone of the beam, as well as the crack formation pattern, it can be concluded that the

deformations of the reinforcement were within the permissible limits, which confirms the rationality of the reinforcement scheme used. At the same time, the stress values in the reinforcement at the moment of beam failure were close to their limit values, which indicates the effective use of the material's strength.

Conclusions. Thus, the results of the study confirm the feasibility of using double-concrete beams in construction practice to ensure the economic and technical efficiency of load-bearing structures. It has been established that the ratio of tensile and compressive concrete along the height of the cross-section of double-concrete beams significantly affects their load-bearing capacity. The best results were shown by beams with an optimal ratio of the characteristics of concrete of different strengths. Compared to traditional concrete beams, double-concrete beams demonstrate practically the same load-bearing capacity. This makes it possible to reduce the cost of manufacturing reinforced concrete structures, which in turn contributes to a reduction in material consumption and the estimated cost of the product. The efficiency of double concrete beams lies in the rational distribution of materials: concrete with higher strength works in the compressed zone, while less strong concrete is used in the tensile zone, which saves resources without losing the strength of the structure.

References

1. Babiy I.M. & Kolomiychuk V.G. (2019). Efficient prestressed monolithic reinforced concrete slabs using non-removable ones. hollow-forming inserts. Concrete and reinforced concrete in Ukraine 2, 13-18.
2. Demchina B.G., Litviniak O.Y. & Davydiuk O.V. (2011). Investigation of precast monolithic reinforced concrete slabs using foam concrete. Building structures: interdepartmental scientific and technical collection of scientific papers (construction), 74: in 2 books. Book 1. 160-166.
3. Pushkarev B.A. (2023). Method for reducing cement consumption when manufacturing flexible reinforced concrete structures without pre-stressin. Construction and technogenic safety. 29(81), 81-86.
4. Shalenny V.T. & Shchegula R.V. (2022). Comparative efficiency of monolithic ceilings with liners made of cardboard, plastic and local stone materials. Construction and technogenic safety. 24(76). 63-70.
5. Shmukler V.S., Bugayevsky S.A., Nikulin V.B. & Yamkova T.I. (2015). Influence of the qualitative and quantitative composition of concrete components on the technological properties of self-compacting concrete mix. Collection of scientific papers "Resource-efficient materials, structures, buildings and structures", 31, 168-175.
12. Романенко, Д.Б. (2025). До визначення несучої здатності бібетонних армованих балок прямокутного поперечного перерізу. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ.*, 211, 83-92.
13. Романенко, Д.Б., Душин, В.В. (2024). Аналіз роботи контактного шва між бетонами різних класів у згинаних залізобетонних елементах. *Зб. наук. пр.: Вісник НУБГП. Серія: Технічні науки*, 1 (45), 250-258. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i45.27>

GENERAL PRINCIPLES OF CREATING MODELS OF STEEL-CONCRETE SPECIMENS BASED ON SPATIALLY REINFORCED MASONRY COLUMNS

Dmytro Usenko, Ph.D. of Engineering Sciences, Associate professor

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

Nataliya Pinchuk, Ph.D. of Engineering Sciences

*Department of Architecture, Construction and Design Polytechnic University of Bari,
via Orabona, 4, 70125 Bari, Italy*

Iryna Usenko, Ph.D. of Engineering Sciences, Associate professor

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

Hennadii Vakhnenko, Postgraduates Student

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

Introduction. Masonry structures remain a traditional and efficient solution for multi-storey residential construction [1]. Their widespread use is attributed to a number of significant advantages, such as high strength, thermal insulation properties, fire resistance, and durability. In both residential and public buildings, two primary approaches are employed when using masonry: load-bearing brick walls and infill masonry partitions within frame systems.

Moisture infiltration and structural degradation of masonry due to prolonged exposure to thermal and humidity-related factors are among the most pressing problems caused by external environmental influences [2]. The main causes of deterioration include direct moisture penetration, which results in material degradation. The most common types of damage observed in masonry structures [3] include: diagonal and cross-shaped cracks in wall piers and solid walls; vertical cracks at junctions of longitudinal and transverse walls, sometimes leading to wall displacement; horizontal cracks commonly found at the base of window openings, lintels, or floor supports; cracks in zones of embedded reinforced concrete lintels; and randomly oriented cracks, which often represent combinations of the aforementioned damage types.

Given these issues, the study of restoration methods [4], as well as the enhancement of the load-bearing capacity of masonry under sustained loads from the self-weight of walls and slabs, temporary floor loads, snow cover thickness, and additional pressure from shock waves [5], constitutes a highly relevant and insufficiently explored research area.

Project objective. The objective of this study is to describe the algorithm for creating finite element models of steel-concrete specimens formed from spatially reinforced masonry columns after the strengthening of damaged brickwork using steel confinement jackets.

Main section. The development of a finite element model to determine the stress-strain state (SSS) of virtual specimens and its analysis in the elastic working stage was performed in the following sequence.

Selection of coordinate system. The purpose of the coordinate system is to define the position of points in space or on a plane. In the process of modeling with MSC/NASTRAN, it is necessary to create a set of points that, together with the elements, define the size and shape of the model. Assigning point coordinates implies the use of a specific coordinate system. The base system is the orthogonal coordinate system implicitly defined in all conventional finite element models of MSC/NASTRAN.

Often, it is convenient to define the model or its components using a local coordinate system different from the global one. A common use case for local coordinates involves modeling a structure composed of several parts. In this case, dimensions can be taken directly from technical drawings without prior conversion into a unified coordinate system. Moreover, if the components are defined in their own local systems, their position and orientation can later be adjusted by modifying the specification of the corresponding coordinate system—minimizing the time required to regenerate the mesh.

For the creation of specimen geometry, a global Cartesian coordinate system—used by default in NASTRAN—was employed. This system consists of three mutually perpendicular planes.

Geometry creation. Initially, a two-dimensional cross-section of the investigated masonry model was constructed using straight lines defined by the coordinates of nodal points. A volumetric model of the structure (masonry) was then formed by extruding the predefined planar boundary surface to the required model height. To assign the position of reinforcement bars, it was first necessary to isolate their location lines within the solid masonry body. This was achieved by slicing the solid with planes, whose intersections formed the paths along which the reinforcement bars would later be placed.

Material property assignment.

MSC/NASTRAN allows for the definition of isotropic, orthotropic, and anisotropic material properties.

The materials used in the model (brickwork and reinforcing bars) were defined separately as isotropic materials. All material properties were assigned as scalar quantities. The physical and mechanical characteristics of materials, such as Young's modulus (E) and Poisson's ratio (ν), as well as the stress–strain relationship (σ – ϵ), were adopted in accordance with current regulatory standards. The third constant—the shear modulus (G)—was calculated automatically using the known relationship between E and ν .

During modeling, it was assumed that the structures would operate in an elastic–plastic regime. Therefore, when assigning material properties, bilinear stress–strain relationships were taken into account. The behavior of steel reinforcement bars was described using a simplified Prandtl diagram. It was assumed that the critical (failure) strains in masonry (i.e., the onset of cracking between masonry units) occur earlier than the strain-hardening stage of steel. Hence, the steel's working diagram was truncated at the yield plateau.

Selection of finite element (FE) types and meshing.

The generated solid model was “filled” with finite elements. In linear static analysis, elements are modeled as elastic particles. This mathematical approximation adequately captures the real behavior of the structure. The goal of finite element modeling is to create a discrete particle-based model that most accurately simulates the actual structure and its performance.

The MSC/NASTRAN Element Library consists of a large number of elements that can be divided into four categories: scalar, one-dimensional (1-D), two-dimensional (2-D), and three-dimensional (3-D) elements.

Scalar elements, or *zero-dimensional elements*, are used to model springs, concentrated masses, and viscous dampers. In static analysis, the scalar spring is most frequently utilized. Scalar mass elements are also often employed, particularly when it is necessary to model a concentrated mass in a specific direction. Scalar dampers are not used in static analysis. All scalar elements are defined between two degrees of freedom in the model, or between a degree of freedom and ground (a fixed support). The stiffness properties of scalar elements are not computed from physical material properties but are instead specified directly.

One-dimensional elements are those whose properties are defined along a straight or curved line. Typical objects modeled with one-dimensional elements include rods, beams, and stringers.

Two-dimensional elements, commonly referred to as plate and shell elements, are used for modeling objects where one dimension (thickness) is much smaller compared to the other two. An example includes reinforcing bars in spatial frames. In finite element analysis, the membrane behavior of these elements is defined according to one of two theories: plane stress or plane strain. Under the plane stress assumption, strains in the transverse direction are considered constant. It should be noted that a two-dimensional element can be in either a plane stress or a plane strain state, but not both simultaneously. By default, the linear two-dimensional elements in MSC/NASTRAN are typically considered to be in a plane stress state.

Each of these formulations—plane stress or plane strain—is applicable to its respective class of problems. Typical thin-walled structures made from conventional materials such as steel and aluminum alloys are generally well represented using plane stress elements.

Three-dimensional elements are employed to model structures whose behavior under loading cannot be adequately represented by beam or shell elements. Three-dimensional elements are usually referred to as solid elements. Typical applications include the modeling of columns, foundations, and similar structures. In the MSC/NASTRAN library, three-dimensional elements are subdivided into tetrahedra (solid bodies with four faces and four vertices—see Figure 3.5a) and hexahedra (solid bodies with six faces and eight vertices). For spatial bodies of regular geometric shape, preference is given to solid elements of the hexahedral type.

Hex mesh solid elements can have from 6 nodes (in the case of only corner points) up to 14 nodes (when there are intermediate points along the edges). The nodes

do not have translational but do have rotational degrees of freedom (i.e., solid elements cannot translate relative to one another, but can rotate freely about the nodal points). Stresses within the element are calculated at its center. It is also possible to conveniently view stress and strain values at the vertices of the solid elements.

The choice of the type and size of solid elements is influenced by the time required to generate the finite element mesh, the disk space necessary for the NASTRAN calculation, and the accuracy and convergence of the results when modeling with different types of solid elements. Specifically, a large aspect ratio and significant deviation of the face angles from 120° lead to reduced calculation accuracy.

In finite element modeling, symmetric meshing is extremely important; otherwise, the resulting stress and strain distributions will be asymmetric. To prevent this, before meshing, the model geometry was checked and partitioned along two planes of symmetry.

After meshing the body with finite elements, it was necessary to merge all coincident points (finite element nodes) created as a result of slicing the body, in order to form a unified structure. This also included merging coincident nodes at the interfaces between different materials—such as steel and masonry.

1. *Assignment of boundary conditions* (degrees of freedom) and constraints applied to the structure.

The structural response to applied loads is manifested as support reactions at the points of constraint, where boundary conditions are imposed by fixing certain degrees of freedom in the model. Distributed boundary conditions were applied along the plane to the specimens. For the bottom horizontal edge of the masonry model, both translational and rotational displacements were constrained.

2. *Formulation and application of loading conditions.*

Loading was modeled as a static, uniformly distributed load applied over the plane of the top edge of the masonry model. The effect of self-weight was not included in the combined load case, as its contribution is negligible compared to the overall load-bearing capacity of the simulated structure.

3. *Verification of the developed model's correctness.*

After creation of the solid body, redundant boundary surfaces were removed, as these could cause fatal errors during calculation. The quality and symmetry of the finite element mesh were checked, as well as the number of merged coincident nodes in the finite element grid (see point 4), the types of boundary conditions, the magnitude of applied loads, and the surfaces over which they were distributed (see points 5 and 6).

4. *Selection of finite element analysis (FEA) type.*

Several types of finite element analysis were employed in the numerical modeling of building structures:

A. Linear static analysis (Static): Primarily used as a trial run to verify the correctness of the structural model. Upon confirmation of the model's validity, a complete calculation was performed.

B. Nonlinear static analysis (Nonlinear Static): The principal analysis type, in which the predefined functional relationships for material behavior (σ - ϵ diagrams)

were taken into account. The results of this analysis were used to compare the stress–strain state of load-bearing building structures in both undamaged and damaged conditions, as well as with and without strengthening elements.

C. Buckling analysis: Conducted to determine the buckling mode shapes of slender structural elements, such as exposed reinforcement bars.

Structural calculation—finite element analysis.

As noted above, the models were analyzed under static loading conditions. The number of loading steps from the onset of loading to the maximum applied load was set to 10, with the option to display results at intermediate steps enabled. The number of iterations at each step was set to 5.

Conclusions. The analysis of the obtained results and their interpretation for practical use was performed. As a result of the finite element calculations using computer-aided methods, diagrams of the distribution of deformations and stresses relative to the principal axes were obtained for the surface of the masonry, as well as for any cross-section or directly within the reinforcement bars, including their numerical values and the location of extrema. The analysis of the most characteristic and noteworthy numerical results regarding the stress–strain state, obtained through modeling, is presented in the subsequent subsections of this work.

References

1. Robert G.D, Ahmad A.H.. Masonry structures behavior and design. *Poland: The masonry society*. 2013. 480 p.
2. Семко О.В., Гасенко А.В. Небажаний перерозподіл зусиль в пошкоджених будівельних конструкціях та заходи щодо його усунення. *Тези допов. Всеукр. наук.-пр. форуму «ПЕРЕМОЖЕМО – ВІДБУДУЄМО!»*. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2022. С. 91-93.
3. Довженко О.О., Погрібний В.В., Усенко Д.В. Дефекти і пошкодження кам'яної кладки. *Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету*. Полтава: ПолтНТУ, 2017. С. 28-30.
4. Соловйов В., Довженко О., Погрібний В., Усенко Д. Відновлення експлуатаційної придатності кам'яної кладки, пошкодженої в умовах надзвичайних ситуацій. *Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій: колективна монографія*. Полтава – Львів, 2022. С. 485-496. <https://doi.org/10.23939/monograph2022>
5. Філіпчук С.В., Налєпа О.І., Голуб А.О., Баран Д.Я. Аналіз існуючих архітектурно-конструктивних рішень захисних фортифікаційних споруд. *Зб. наук. пр. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди»*. Рівне : НУВГтаП, 2023. Вип. 43. С. 228–237. DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i43.25>

ДОТРИМАННЯ НОРМАТИВНИХ СТРОКІВ СПОРУДЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ ЯК МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ КОШТОРИСНОЇ СОБІВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА

І.В. Харченко, к. е. н., доцент

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. Немало випадків, коли фактична кошторисна вартість спорудження будови чи об'єкту перевищує проектну вартість. Причин може бути багато, але одна з головних - недотримання нормативних термінів спорудження об'єкту.

Основний текст. Собівартість будівельно-монтажних робіт $C_{БМР}$ визначається за формулою :

$$C_{БМР} = П + ЗВ \quad (1)$$

де $П$ – прямі витрати;

$ЗВ$ – загальновиробничі витрати, тобто витрати на управління та обслуговування будівельного виробництва, на організацію робіт [12]. За економічним змістом загальновиробничі витрати є накладними витратами.

Прямі витрати $П$, складаються з вартості матеріалів $М$, зарплатні робітників будівельників і монтажників $З_{рбм}$, вартості експлуатації будівельних машин і механізмів $Е_М$ [12]:

$$П = М + З_{рбм} + Е_М \quad (2)$$

Вартість експлуатації будівельних машин і механізмів, або ж значна частина поточних витрат на виконання технологічного процесу визначають за формулою:

$$Е_М = З_з + З_{то} + З_е + З_{мм} + З_{пб} + З_{зм.о} + А \quad (3)$$

де $З_з$ – зарплатня робітників які керують машиною; $З_{то}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт; $З_е$ – витрати на енергоносії; $З_{мм}$ – витрати на мастильні матеріали; $З_{пб}$ – витрати на перебезування; $З_{зм.о}$ – витрати на змінне обладнання; $А$ – амортизаційні відрахування на реновацію техніки [12].

Визначимо витрати (кошторисну собівартість) БМР при скороченій тривалості нормативній тривалості виконання комплексу робіт при будівництві за розміром об'єкту, беручи за базу кошторисну собівартість при нормативній тривалості. Візьмемо типовий об'єкт. Величину витрат на цей об'єкт визначаємо, за допомогою комплексу АВК-5[9]. Цими даними і будемо користуватись при розрахунках вартості будівництва при різних термінах. У випадку виникнення необхідності скорочення строків будівництва необхідно скоротити тривалі трудомісткі роботи. Це можна зробити з допомогою залучення додатково: техніки, робітників і преміювання за скорочення термінів. Значно ускладняться умови і збільшиться обсяг роботи управлінського персоналу, тому необхідно додатково його залучати і (або) впроваджувати преміювання. Відповідно збільшуються відрахування на ЕСВ.

Важливим також є питання про те, як буде змінюватись кошторисна вартість виконання робіт при збільшенні строку відносно того, при якому витрати є мінімальними. Цей строк назвемо нормативним, тривалість позначимо цифрою 1. Не зміняться витрати на зарплатню робітників будівельників і монтажників. Зміняться порівняно з оптимальними загальновиробничі витрати, тому що збільшиться час виконання своїх функцій управлінським персоналом, пропорційно збільшиться і його зарплата, відрахування на соціальні заходи та решта статей витрат. Постійними залишаться витрати на матеріали. Спрогнозуємо зміну витрат на експлуатацію будівельних машин і механізмів

Визначимо характер залежності витрат кожної складової від часу виконання робіт. Так, **зарплатня робітників, які керують машиною**, визначається за формулою

$$З_3 = K_p \cdot K_{пр} \cdot T_p \cdot Б \cdot Ч_c \cdot K_{нз} \cdot K_{нв} \quad (4)$$

де K_p – поправочний коефіцієнт до тарифної ставки; $K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує премії; T_p – термін часу роботи техніки на об'єкті; $Б$ – кількість робітників що керують машиною в одну зміну; $Ч_c$ –годинна тарифна ставка оператора машини; $K_{нз}$ – коефіцієнт накладних витрат; $K_{нв}$ – коефіцієнт нарахувань на зарплатню (ЕСВ) [7].

Єдиною змінною величиною в даній формулі є час роботи техніки на об'єкті, відповідно цю залежність можна записати у спрощеному вигляді

$$З_o = \alpha \cdot T \quad (5)$$

де α – константа, залежить від годинної тарифної ставки. Зарплатня операторів машини визначається за ресурсними нормативами–можна вважати, що зарплатня операторів машин не зміниться.

Витрати на енергоносії (паливо) для роботи будівельної техніки визначаються за формулою:

$$З_п = K_{нв} \cdot Ц_п \cdot W_п \cdot T_p \quad (6)$$

де $K_{нв}$ – коефіцієнт, що враховує накладні витрати;

$Ц_п$ – ціна палива для ДВЗ;

$W_п$ – годинні витрати палива, грн./ маш-год;

T_p – фонд часу роботи техніки. [7].

В цій формулі змінною величиною є годинні витрати палива $W_п$

Годинні витрати палива залежать від ступеню завантаженості двигуна за потужністю та часу завантаження двигуна [6]. Існує технологія виконання будівельно-монтажних робіт, ці показники є визначеними величинами. Висновок-витрати на паливо залежать від часу використання техніки на об'єкті. При зменшенні середнього нормативного коефіцієнту завантаження на 25% (а саме на стільки буде подовжена тривалість виконання робіт) коефіцієнт K_N зміниться з 1,06 до 1,17 [6]. Питомі витрати палива зростуть на 10%. Цей показник будемо використовувати для прогнозування витрат на експлуатацію машин. Подібним чином проаналізуємо зміну витрат на мастильні матеріали, витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт, витрат на перебезування і на змінне обладнання, амортизаційні відрахування на реновацію. Не наводимо

послідовність розрахунків, які є достатньо очевидними, для економії місця. Підсумкові дані зведемо в табл. 1.

Таблиця 1 – Вартість машино-години будівельних машин

Стаття витрат	Загальна вартість, грн., при нормативному терміні роботи	Загальна вартість, грн. при терміні роботи, збільшеному на 25%
1	2	3
Загальна вартість машино-години	406,45	434,06

Джерело: складено автором на підставі розрахунків вартості будівництва, вартості машино-години за допомогою комплексу АВК-5, та прогнозу зміни вартості машино-години

Таблиця 2 – Визначення кошторисної собівартості виконання БМР при різних термінах виконання робіт

Термін/ Вартість, грн.	Нормативний термін робіт T=1	Скорочений термін робіт T=0,7	Подовжений термін робіт T=1,25
1	2	3	4
Собівартість БМР	6 890 291	7 704 698	7 041 029
Прямі витрати			
Витрати на матеріали	5597189	6 023 470	5747777
Зарплатня будівельників	2471898	2471898	2471898
Витрати на експлуатацію машин, в т. ч.:	1619412	1 943 294	1619412
зарплатня операторів машин	1505879	1 608 278	1656467
	137436	146732	137436
Загальновиробничі витрати,	1293252	1 681 228	1293252
а) Зарплатня	354561	460 824	354561
б) ЕСВ	434272	529 993	434272
в) решта статей ЗВВ	509 419	690421	509 419
Змінні витрати	4418393	5232800	4569131

Джерело: складено авторами на підставі розрахунків вартості будівництва за допомогою комплексу АВК-5 та прогнозу зміни вартості

Визначивши величину змінних витрат без вартості матеріалів, визначимо залежність вартості робіт від терміну їх виконання. Для цього визначимо залежність собівартості БМР від терміну виконання робіт за даними:

Таблиця 3 – Залежність змінних витрат від строку виконання робіт $E_m = f(T)$

X (умовна тривалість)	0,7	1	1,25
У(собівартість без постійних витрат)	5232800	4569131	4418393

Джерело: складено авторами на підставі розрахунків вартості будівництва за допомогою комплексу та прогнозу зміни вартості будівництва АВК-5.

За отриманими чисельними значеннями ми з допомогою програми Microsoft Excel побудували апроксимуючу криву - рис.1 «Залежність змінних витрат на спорудження об'єкту від терміну виконання робіт». Дані апроксимовані поліноміальною залежністю з тісністю зв'язку $R^2=1$. На графіку можна чітко виділити зону оптимуму – зону мінімальних змінних витрат. Це зона оптимального періоду виконання робіт, позначена на вісі X цифрою 1.

При зміні строків виконання робіт - зменшенні або збільшенні терміну - вартість робіт буде зростати за визначеною залежністю.

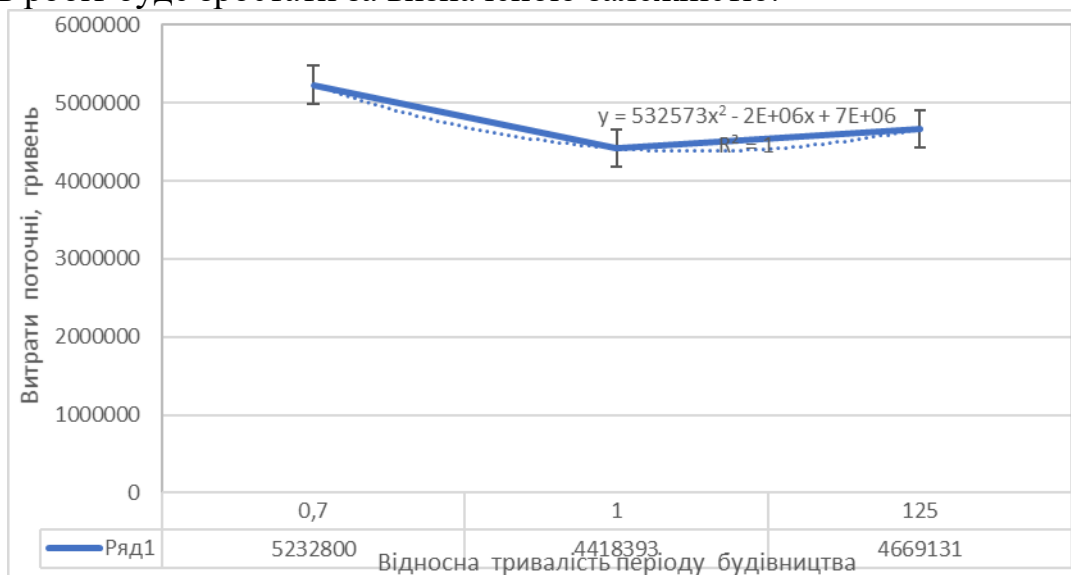


Рис.1. Залежність змінних витрат на спорудження об'єкту від терміну виконання робіт

Джерело: розроблено автором на підставі розрахунків вартості будівництва за допомогою комплексу АВК-5

Висновки. Мінімальна кошторисна собівартість спорудження будівлі має місце при нормативній тривалості виконання робіт. Відповідно це треба враховувати будівельно-монтажним організаціям.

Список літератури

1. Ansoff H.Igor Implementing strategic management. Prentice Hall, 1965.519p.
2. Cristopher Boisseau Strategie et politique generale des entreprises 2012/2013 p.116.
3. Богінська Л.О. Визначення стратегії розвитку будівельного підприємства. *Економіка та управління підприємствами*. 2020. Вип. 39. С. 123-127.
4. Гребньов Г. М. Формування напрямків підвищення ефективності маркетингового механізму управління конкурентоспроможністю будівельних підприємств. *Економічні вісник НТУУ «КПІ»*. 2018. № 15.
5. Кононова О.Є. Технологія стратегічного управління будівельним підприємством. *Вісник ОНУ Ім. В.М. Мечникова*. 2018. Вип.1 С. 175-177.
6. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем / Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Кропивницький : ТОВ" КОД", 2017.370 с.
7. Програмний комплекс АВК-5. Тов «Авкас» 2021р.

WAYS OF REDISTRIBUTING STREET AND ROAD SPACE

Lina Hasenko, PhD, associate professor,

Kherson State agrarian and economic University, c. Kherson

*G.Ophylia Vinodhini, PhD, professor, researcher and landscape architect,
c. Tiruchirappalli, India*

Introduction. A street should be not only a city transport artery, but also the place of human interaction. The organization of street space should be guided by a number of requirements related to the activation of socio-economic functions, improving the quality of life, mobility and activity of residents.

The purpose of this study is to summarize the world experience of urban street and road network designing and reconstruction and to formulate proposals for its improvement in accordance with the change of priorities that has occurred in the theory of transport planning.

Main Section. The world experience shows that even investing heavily in the street and road network development and in the solution of road transport services complex problems, it is impossible to solve the problem of transportation in large cities by providing comfortable movement only for cars. More and more cities around the world are beginning to pay more and more attention to providing comfortable traffic for pedestrians, cyclists and public transport (in this order and priority), and then for private cars.

The global emphasis on prioritizing pedestrians, cyclists, and public transport resonates strongly within India, where a substantial portion of the population relies on these modes. India's rapid urbanization has frequently resulted in transport infrastructure favoring private vehicles, leading to increased congestion, air pollution, and heightened risks for vulnerable road users [1]. This trend not only diminishes urban livability but also exacerbates socio-economic disparities by limiting the mobility of those without private vehicle access. Consequently, a fundamental shift towards prioritizing sustainable and inclusive mobility options is not merely an environmental necessity but a vital step towards equitable urban development across India.

Furthermore, the distinct characteristics of Indian urban environments, including high population density, mixed land use, and the prevalence of informal transport systems, necessitate context-aware approaches to street and road space reallocation. While the core principles of lane narrowing and road diets offer valuable frameworks, their successful implementation requires careful adaptation to local realities. Integrating these strategies with improvements in public transport infrastructure, the development of safe and accessible pedestrian infrastructure, and the provision of dedicated cycling corridors are crucial for cultivating a comprehensive and sustainable urban mobility ecosystem throughout India [2].

So the question arises: how to implement change in priorities under the existing settlements, because we need to redistribute the street and road space between pedestrians, cyclists, public and private transport.

As a result of the foreign and domestic experience analysis, the authors proposed the following options for solving this problem. In order to give cyclists and pedestrians

more space, we need to either narrow the lanes for private transport or reduce their number. Let's look at these two main ways.

1. The narrowing of lanes.

The change in priorities in Ukrainian normative documents is also evidenced by the narrowing the regulatory minimum width of lanes on the roadway. Thus, in the normative document DBN «Streets and roads of settlements», in effect since 2001, minimum allowable lane width on main streets and roads of city and district significance in the most significant, significant, large, medium and small cities was 3.75 meters. Instead in document DBN «Streets and roads of settlements», in effect since 2018, minimum allowable lane width on main roads of city significance with continuous movement in the largest and large cities is 3.5 meters, and on main streets of city and district significance in the most significant, significant, large, medium and small cities, except streets with continuous movement, as well as on village roads and main streets is 3.00 meters. Also the minimum allowable width of the lane on local residential streets in this DBN in effect since 2001 was 3.5 and since 2018 is 2.75 meters.

That is, according to changes in regulations, free spaces from 0.25 to 0.75 m wide in each traffic lane appear on Ukrainian streets. That is, for example, on streets with 4 lanes, built according to the old regulations, released from 1 to 3 m.

The task of planners now is to reorient these spaces during the reconstruction of streets and to provide them with functions that will meet, first of all, the needs of pedestrians, cyclists and public transport. The first step in this reconstruction could be temporary markings (fig. 1), which would allow for a cost-effective test of the new traffic management regime.



Fig.1. Temporary bike lane in Berlin

2. Reducing the number of lanes

The most popular, especially in the USA, option of reducing the number of lanes is «4-3 road diet», when a two-way street with two lanes in each direction becomes a three-lane (fig. 2).



Fig. 2. Reconstruction of Edgewater Drive in Orlando, Florida, before (left) and after (right)

The lane in the middle is reserved for those who go to the left. The remaining space can be used to create bicycle lanes, widen sidewalks or arrange dedicated lanes for public transport. Converting four-lane roads to three lanes makes them substantially safer. This is evidenced by the following data:

- 3-lane roads are much safer for car drivers. A study of streets reconstructed on this principle was conducted in 17 cities. It turned out that in small cities, this version of the road diet reduces road accidents by 47%, and in large by 19%. No reduction in street capacity was detected in any of the cases [3]. Converting roads from four lanes to three has been found to reduce collisions anywhere from 20 to 50 %;

- 3-lane roads have marginal impact on traffic flow, such diet usually sees a reduction in car throughput in the 5% to 10% range. As Federal Highway Administration report puts it, “under most average daily traffic conditions tested, road diets have minimal effects on vehicle capacity” [4];

- 3-lane roads slow speeds. The main difference between a 4-lane road and a 3-lane safe street is that traffic speeds go down and become far more uniform. It’s a proven fact that reducing speeds even a little bit, i.e. from 40 to 30 miles per hour, can make a huge difference on accident severity for pedestrians and bicyclists;

- 3-lane roads increase biking and walking. After a 4-3 road diet was fixed in San Francisco, “bicycle usage increased 37% during the PM peak hour, the number of pedestrians increased 49% during the PM peak hour, and public response has been overwhelmingly positive about this project”. That’s just one example; also, it’s common sense;

- reducing the number of lanes is really cheap. Unlike expensive street reconstructions cities and counties can quickly, easily, and cheaply fix such redistribution of space.

For three-lane one-way streets with parking on both sides, there is a proposal for "3-2 road diet", which offers to remove one of the lanes and narrow the parking, and give the freed space for a two-way bike lane. Such traffic reorganization on one of the Brooklyn streets has reduced the speed of cars by 77% and the number of accidents by 63%. At the same time, the capacity of the street and the total travel time for motorists remained at the same level [5].

The first example of reducing the number of lanes in Ukraine was John Paul II Street in Ivano-Frankivsk, where they turned four lanes into two (fig. 3). This «4-2 road diet» allowed the creation of safety islands to protect pedestrians, bike lanes for cyclists and a separate pocket for turn.



Fig. 3. The reconstructed John Paul II Street in Ivano-Frankivsk

Insights from government statistics in India reveal that an alarming 44% of road accidents and subsequent fatalities in India involve two-wheelers. On the other hand, pedestrians account for 17% of total crashes and a staggering 19% of fatalities. Vulnerable Road Users, comprising pedestrians, cyclists, and two-wheeler riders, collectively represent more than half of the fatalities resulting from road accidents [6].

The Ministry of Road Transport and Highways (MORTH) in India is developing a plan to build dedicated lanes for two-wheelers on state highways and urban roads, along with pedestrian foot-over bridges or underpasses on major urban arterial roads. This initiative aims to address the high number of road crashes in India, primarily attributed to non-segregation of traffic. The proposed scheme aims for a 70% reduction in accidents and fatalities per 10,000 vehicles and a 50% reduction per 10,000 km of road length.

Given India's unique traffic composition and the significant number of vulnerable road users, the urgency for reallocating street space is amplified. Rapid urbanization has often led to increased vehicular congestion encroaching upon pedestrian and cycling zones, escalating accident risks. Moreover, the socio-economic structure of Indian cities

necessitates equitable mobility solutions, where non-motorized and public transport are vital for a large segment of the population [7]. Therefore, adopting and adapting global best practices in road space redistribution aligns with the national goals of improving road safety, promoting sustainable transport, and fostering inclusive urban development.

Effective implementation of strategies like road diets and lane narrowing in India demands careful consideration of local traffic dynamics, existing infrastructure, and active engagement with stakeholders. Pilot projects in cities such as Pune and Bengaluru have illustrated the potential benefits of pedestrianizing key areas and establishing dedicated cycle paths, resulting in improved air quality and enhanced public spaces [8]. However, scaling these interventions requires robust planning, consistent enforcement, and effective public awareness campaigns to ensure smooth transitions and broad acceptance. Integrating traditional urban design principles with contemporary traffic management techniques can yield contextually appropriate and sustainable solutions for Indian cities striving for people-centric urban mobility.

Conclusions. The settlements infrastructure development, aimed at satisfying, first of all, the needs of motorists, is accompanied by powerful negative changes in the conditions of human life. It singled out 2 basic options for the redistribution of space between pedestrians, cyclists, public and private transport: 1) narrowing of lanes for private transport; 2) reducing the number of lanes for private transport.

References

1. Martínez-Buelvas, Laura, Andry Rakotonirainy, Deanna Grant-Smith, and Oscar Oviedo-Trespalacios. A transport justice approach to integrating vulnerable road users with automated vehicles. *Transportation research part D: transport and environment* 113 (2022): 103499.
2. Rui, Jin, and Frank Othengrafen. Examining the role of innovative streets in enhancing urban mobility and livability for sustainable urban transition: A review. *Sustainability* 15, no. 7 (2023): 5709.
3. Schmitt A. The Airtight Case for Road Diets. *Streetsblog: USA*, 2014.
4. Herman F. Huang, J. Richard Stewart, and Charles V. Zegeer. Summary Report: Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures and Their Effects on Crashes and Injuries. FHWA, 2004.
5. Дієта для машин. Платформа розвитку міст. <http://urbanua.org/eksperty/zakordonni-eksperty/378>
6. V Bhagya Subhashini. Road Safety Overhaul: India to Introduce Exclusive Lanes for Two-Wheelers with Rs 14,000 Crore Investment. – Swarajya, 2024.
7. Yadav, P. and Chattopadhyay, S., 2023, November. Urban Transport Challenges and Their Implications for Accessibility, Affordability, and Efficiency in India: A Systematic Review. In *Annual Conference of the Indian Association of Social Science Institutions* (pp. 59-86). Singapore: Springer Nature Singapore.
8. Joshi, Rutul, Pranjali Deshpande, Subhasish Borah, and Manisha Sharma. *Informal and Shared Mobility: Status and Opportunities in India*. Volvo Research and Education foundation, 2023.

FEATURES OF LANDSCAPE DESIGN IN THE URBAN ENVIRONMENT

*Olena Usachova, PhD in architecture, associate professor
Kherson State agrarian and economic University, c. Kherson*

Relevance of the Topic

The urban environment still requires architectural and artistic design, as the city is an artificially organized and compact space. Due to the active pace of urban life, people need a certain degree of relief—a reduction in the rhythm and tension of the urban surroundings.

The art of designing the surrounding urban environment serves as a lifeline for people. It is necessary to create urban oases of peace and relaxation that are as close to nature as possible. Landscape architecture is recognized as one of the leading fields in shaping spaces for human activity in almost every sphere of life, influencing the essence, meaning, and beauty of leisure. Therefore, the role of landscape design is crucial in the development of the modern city.

The main task of design activity is to create a comfortable environment for human society. In this context, the importance of landscape design and its impact on human life within the urban landscape is difficult to overestimate. Today, when the artificial dominates the natural, the ability to maintain a balance between what is created by nature and by human hands is more relevant than ever.

The objects of landscape design include both open and enclosed environments. These comprise streets and squares, small recreational areas (such as parks, boulevards, embankments, and pedestrian streets), parks with various functional purposes, residential areas with diverse recreational and utility zones (such as children's playgrounds, adult leisure areas, sports grounds, etc.), as well as interiors of various types of functionally purposed buildings. All these spaces reflect the integration of the natural environment into the formation of a particular space, along with the detailed development of artificial landscape elements.

Landscape design is closely connected with architecture, landscape architecture, urban design, as well as flora and phytodesign. The main task of the landscape architect and designer is to organize space in accordance with functional, ecological, and aesthetic requirements, and to create a vivid artistic image capable of evoking positive emotions in people. When designing landscape objects, it is not sufficient to focus solely on creating an artistic image aimed at emotional impact on a person [2].

Landscape design is both an art and a practical activity that involves landscaping, improvement of territories, organization of garden and park plantings, lawns, rock gardens, and the use of small architectural forms in green construction.

Landscape architecture addresses the improvement of human living environments. The main materials with which the landscape architect works are the natural terrain and vegetation typical of the region. The architect enhances these with

engineering solutions and architectural elements, and also develops dendrological compositions, thereby creating a harmonious landscape that is improved and refined through landscaping and infrastructure development. The aesthetic value of greenery could be significantly enhanced by broader use of coniferous species in both parks and street plantings. Such decisions always attract attention and prove effective. Due to the limited use of coniferous species in landscaping, there is a reduction in the diversity of plant species used and a loss of the decorative quality of street plantings in winter [1].

Features of urban landscape design are reflected in its elements: buildings (which form the central focus of the landscape project); lawn coverings (created using various types of grasses); greenery in the form of individual trees, shrubs, flowers, as well as their combinations and complete ensembles (gardens, flower beds, borders, etc.); large decorative elements (lakes, ponds, streams, fountains, stones, sculptures); and small artistic details (wind chimes, lamps, candles, etc.).

Main Components of Landscape Design

- When designing a flower bed, it is important to consider the blooming period of all included plants so that the flower bed and surrounding areas remain visually appealing throughout the entire season. In addition, the planting location and the watering requirements of all the plants must be taken into account.
- Decoration. Decorative elements in landscape design include fountains, alpine slides, stone structures, small bridges, statues, and other possible decorative objects. They are typically placed at the center of flower beds and serve as key focal points in any landscape design.
- Territory Lighting. To ensure the surrounding landscape delights and inspires at any time of day, it is important not to overlook proper and reliable lighting. When designing lighting, special attention should be paid to engineering structures. Solar-powered lanterns are particularly popular among landscape designers—not only do they save energy, but they also provide soft, romantic illumination to the area at night.
- Automatic Irrigation Systems. It is very important to plan the automatic irrigation system during the landscape design stage in order to lay and "conceal" all the necessary pipes and fittings in advance for the proper maintenance of green spaces.
- Artistic Details. A flower vase in a gazebo, a lace tablecloth on a table, light curtains fluttering in the wind, shelves with books, an antique samovar... all these elements that bring a unique atmosphere and special character to the space are considered artistic details of landscape design.
- Fencing. Skilled landscape and site design professionals pay special attention not only to enclosing the entire area but also to dividing it into logical sections. Stone fences, hedges, raised areas, and other enclosing elements can be used to varying extents and for different purposes.

The objects of landscape architecture and design are primarily urban and suburban landscape-recreational areas, where careful attention is given to the details of the cultural landscape. These are areas shaped by landscape design techniques, including vegetation, land sculpting, water features, small architectural forms, and visual communication. Such objects include small recreational areas, which are structural elements of the city's green spaces system and typically serve ecological, architectural-artistic, and recreational functions. The area of these spaces depends on urban planning conditions and regulatory requirements. Small recreational areas can be divided into two groups.

The first group includes areas for free use: city gardens, neighborhood gardens, residential group gardens, squares, boulevards, embankments, pedestrian streets.

The second group consists of landscaped areas with restricted use: universities, technical schools, hotel complexes, medical institutions, kindergartens, schools, industrial enterprises, and others. The largest planning element of the first group is the city garden.

Urbanization is typically accompanied by a deepening of environmental issues and contradictions inherent in any large city [4]. The spontaneous nature of urban development leads to the transformation and destruction of natural landscapes, ecosystems, disruption of natural balance, and the suppression of the functions of green spaces. In the development of the urban environment, due to the structural restructuring of natural landscapes, the vertical and horizontal structures of elementary landscape complexes are transformed into urban landscapes [3].

The natural framework of the city (large forest-park areas and the network of small river valleys) and the urbanized framework (main roads, centers, embankments, which define both the direction and intensity of the primary flows of matter, information, and energy in the urban landscape) are supported by a system of green spaces for recreational and other purposes. Different combinations of green spaces and built-up areas ensure the ventilation of residential and industrial districts of the city. The territorial organization of the system of natural areas is aimed at forming a continuous, unified framework for the city, while the system of green spaces becomes more complex, dispersed, intertwining with the urban fabric [2].

Ecologization of landscape design means transitioning to a new model of urban development. The awareness of the need for such a change leads to the search for solutions to ecological and social problems. Thus, modern landscape design becomes an essential tool in shaping the ecological culture of humanity.

Conclusions

Urban green spaces are an integral part of the city's urban planning structure and a vital component of its ecological framework. They are part of the city's life-supporting system as an essential environmental and protective factor, ensuring the comfort and quality of the human living environment, and are an obligatory and important element of the urban landscape. As a highly urbanized city, it requires constant support for its "green state," as it is the main settlement of the country.

Thus, emerging at the intersection of several arts, landscape design naturally combines many principles characteristic of each of them. At the same time, the use of natural materials in landscape design distinguishes it as an independent domain with its own design methodology and scope of objects. A rich source for the development of detailed landscape design methods will undoubtedly be the new approaches being implemented in the theory and practice of the surrounding urban environment by modern design.

List of References

1. Panchenko T. F. Urban Planning: A Handbook for Designers / T. F. Panchenko. – Kyiv: Ukrarhbudininform, 2001. – pp. 56-62.
2. Kryzhanyvska N. Ya. Basics of Landscape Design: A Textbook / N. Ya. Kryzhanyvska. – Kyiv: Lira, 2009. – 218 pages.
3. Foundations of Landscape Architecture and Design: A Textbook / N. Ya. Kryzhanyvska, M. A. Votynov, O. V. Smirnova; Kharkiv National University of Municipal Economy named after O. M. Beketov. – Kharkiv: KhNUHE named after O. M. Beketov, 2019. – 348 pages.
4. Kucheryavyi V. P. Urban Ecology [Text]: A Textbook / V. P. Kucheryavyi. – Lviv: Svit, 2001. – 439 pages.

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РІШЕННЯХ ЦЕНТРІВ ВІЗУАЛЬНОГО МИСТЕЦТВА

Богданова Л.О., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У ХХІ столітті центри візуального мистецтва трансформуються з простих виставкових просторів у складні мультимедійні середовища, що вимагають застосування новітніх матеріалів, цифрових технологій та екологічних рішень. Центр візуального мистецтва — це спеціалізований культурний простір, у якому демонструються, створюються або інтерпретуються твори, що апелюють до візуального сприйняття: живопис, скульптура, відеоарт, цифрове мистецтво, інтерактивні інсталяції. Сучасні центри можуть поєднувати в собі функції галереї, лабораторії, навчального середовища та громадського простору. Їх мета — не лише експонування, а й активне залучення глядача до мистецького процесу через взаємодію, освіту та соціальні ініціативи. Інновації у сфері архітектури та дизайну відіграють ключову роль у створенні динамічних просторів, здатних взаємодіяти з глядачем та адаптуватися до контексту подій. Застосування цифрових інструментів, адаптивних конструкцій та мультимедійних фасадів перетворює центри мистецтва на інтерактивні платформи культурного обміну [1, с. 76]. Особливої уваги набуває використання нових матеріалів, які забезпечують не лише естетичність, але й функціональність та екологічність. У нових умовах глобалізації та цифровізації центри візуального мистецтва набувають не лише культурного, а й стратегічного значення як інструменти м'якої сили, засоби репрезентації ідентичності країни на міжнародній арені. Вони стають платформами для діалогу між культурами, що особливо актуально у період післявоєнної реконструкції України.

Основний текст. Архітектурні підходи, орієнтовані на трансформацію центрів візуального мистецтва, дедалі частіше враховують потребу у відкритості, мобільності простору та технологічній гнучкості. Одним із прикладів є Музей сучасного мистецтва Луїзіани (Данія), де природне освітлення та скляні фасади забезпечують візуальну прозорість і занурення у контекст природи (Рис.1). Використання адаптивних конструкцій, які змінюють свою геометрію залежно від подій (концерт, виставка, інсталяція), дозволяє змінювати акустичні властивості та освітлення простору. Такі системи базуються на інтеграції сенсорів, актуаторів та програмного забезпечення для управління простором у реальному часі [2, с. 103]. Особливо ефективним є поєднання архітектурної адаптивності з мобільними елементами інтер'єру: розсувними перегородками, панелями з динамічними зображеннями, платформами для відеомапінгу. У результаті простір легко змінює функціональність залежно від формату заходу — від камерної виставки до масового перформансу.



Рис.1. Музей сучасного мистецтва Луїзіані, Данія

У проєктуванні арт-просторів все більшу роль відіграють **інноваційні матеріали**, здатні реагувати на зовнішні стимули та формувати нові типи взаємодії з глядачем. Серед найпоширеніших рішень — фотохромні скла, світловідбивні плівки, п'єзоелектричні покриття, які реагують на світло, рух або тиск. У центрі Ars Electronica Center (Лінц, Австрія), наприклад, застосовано інтерактивний фасад з LED-елементами, що змінюються залежно від активності у місті (Рис.2) [3, с. 214].

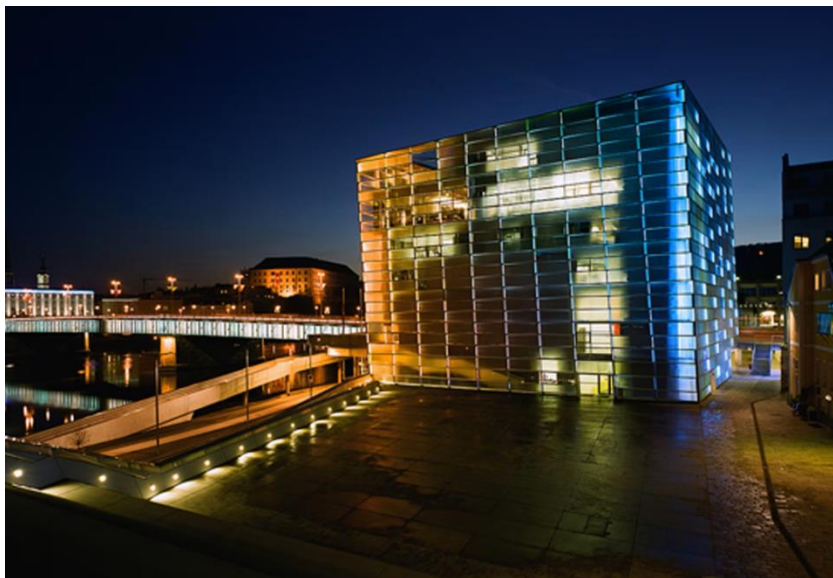


Рис.2. Ars Electronica Center, Лінц, Австрія

Інші приклади включають матеріали з ефектом хамелеона або термочутливі тканини, що змінюють вигляд при дотику. Завдяки таким властивостям матеріали самі стають частиною мистецької дії, активним учасником художнього процесу. Сучасні тенденції також спрямовані на створення гібридних рішень, які поєднують декілька функцій — наприклад, прозорі сонячні панелі, що одночасно служать як джерело енергії та елемент фасаду. Це відкриває нові можливості для енергетичної автономії арт-центрів та створення унікального дизайну.

Використання цифрових технологій та доповненої реальності докорінно змінює уявлення про межі мистецького простору та взаємодію відвідувача з твором. Сьогодні VR, AR і MR відкривають нові способи сприйняття художніх образів, дозволяючи занурюватися у віртуальні світи та взаємодіяти з цифровими інсталяціями. Відомим прикладом є MoMA PS1 у Нью-Йорку, де цифрові твори можна переглядати за допомогою смартфона або спеціальних окулярів, що створює ефект повного занурення [4, с. 44]. У зв'язку з цим зростає потреба у відповідних архітектурних рішеннях — спеціальних проєкційних поверхнях, акустичних матеріалах, підвісних системах. Мистецький простір набуває рис інтерактивної платформи, де глядач не просто споглядає, а може змінювати елементи твору у реальному часі — дотиком, жестами або голосом. Такі формати активно впроваджуються в рамках цифрових резиденцій і міжнародних фестивалів, зокрема Transmediale та FutureEverything. Особливу увагу сьогодні привертає генеративне мистецтво, де твори створюються у співпраці зі штучним інтелектом і змінюються залежно від поведінки глядачів, що перетворює кожне відвідування на унікальний досвід.

Звернення до біомімікрії та принципів сталого розвитку дозволяє створювати арт-центри, гармонійно інтегровані в природне середовище й екологічно ефективні. Окремі приклади таких підходів демонструють використання природного освітлення, пасивної вентиляції, локальних та відновлюваних матеріалів. Наприклад, центр Pompidou-Metz у Франції має дахову конструкцію, що нагадує структуру бамбука, поєднуючи природну форму з технологічною ефективністю (Рис.3) [5, с. 97]. Подібні рішення також включають «зелені» фасади, сонячні панелі та водозбірні системи. У багатьох проєктах застосовуються вторинні матеріали — перероблене скло, метал або текстиль, що не лише відповідає екологічним стандартам, а й формує виразну художню мову споруди. Сучасний біоінспірований дизайн дедалі частіше використовує алгоритми, засновані на природних закономірностях — фракталах, симетріях, адаптивних структурах, що забезпечує одночасно естетику й енергоефективність. **Біоінспірований дизайн** — це підхід у проєктуванні та інженерії, який черпає ідеї з природи. Він полягає у вивченні структур, процесів, систем і стратегій, що використовуються в живих організмах, з метою створення ефективних, адаптивних і стійких технологічних рішень. До головних характеристик біоінспірованого дизайну належать наступні: натхнення природою та її формами; інноваційність при створенні новітніх матеріалів; стійкість: використання екологічно чистих рішень, що сприяють сталому розвитку.



Рис.3. Центр Pompidou-Metz, Франція

Висновки. Сучасні центри візуального мистецтва є прикладом симбіозу інновацій, екології та мистецтва. Їх архітектура базується на гнучких просторових рішеннях, адаптивних матеріалах та цифрових технологіях. Інтеграція інновацій дозволяє не лише змінити функціональність простору, але й розширити можливості взаємодії глядача з мистецтвом. Подальші дослідження повинні зосереджуватись на створенні універсальних платформ, що поєднують мистецтво, науку і технології. Крім того, необхідно інтегрувати нові формати співпраці між митцями, архітекторами, інженерами та дослідниками, адже саме міждисциплінарність є основою створення проривних концепцій у візуальному мистецтві. Інвестиції у дослідницькі платформи, експериментальні лабораторії та публічно доступні цифрові ресурси допоможуть центрам мистецтва залишатись актуальними та відкритими до інновацій. В умовах сучасних викликів важливо також переосмислити роль глядача як співтворця мистецького процесу, а не пасивного спостерігача. Центри візуального мистецтва, що орієнтуються на досвід користувача (UX), мають більше шансів стати живими культурними осередками, які органічно вписуються у соціальну тканину міста.

Список використаних джерел

1. Deplazes A. Constructing Architecture. Materials, Processes, Structures. – Birkhäuser, 2018. – 520 с.
2. Oxman R., Oxman R. (eds.). Theories of the Digital in Architecture. – Routledge, 2014. – 304 с.
3. Menges A., Sheil B., Glynn R., Krieg O. Advancing Architecture through Computation. – John Wiley & Sons, 2017. – 210 с.
4. Schodek D. et al. Smart Materials and New Technologies for the Architecture and Design Professions. – Elsevier, 2009. – 352 с.
5. Pawlyn M. Biomimicry in Architecture. – RIBA Publishing, 2016. – 176 с.

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ПІШОХІДНО-ОРІЄНТОВАНОГО ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ

*Гасенко Л.В., к.т.н., доцент, Жабченко С.М., студентка
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

Вступ. В містах України рівень завантаженості автомобілями постійно зростає. Це має негативний вплив на екологію населених пунктів, як природний, так і антропогенний, а також є причиною проблем економічних та соціальних. Основною причиною виникнення цих проблем є архітектурні і планувальні структури історичного міста, які не враховують такого рівня автомобільної завантаженості.

Враховуючи ці обставини, українським містам потрібні нові підходи до формування і реконструкції вулично-дорожньої мережі, актуальним є планування вулично-дорожнього простору з урахуванням інтересів всіх учасників руху, а особливо пішоходів, адже пішоходами в тій чи іншій мірі є майже 100% учасників дорожнього руху.

Основна частина. Переваги, що приносить розвиток пішохідної інфраструктури, можна розділити на:

1) економічні:

- зниження транспортних витрат;
- підвищена ефективність паркування (парковка може обслуговувати більше пунктів призначення);
- можливість збільшити доходи місцевого бізнесу;
- підтримка інших альтернативних режимів руху (велосипедами, самокатами і т. ін.);
- особлива підтримка для деяких галузей, наприклад, туризму;
- економія витрат на охорону здоров'я внаслідок збільшення рухової активності мешканців населених пунктів;

2) соціальні:

- покращена доступність для людей, які не забезпечені транспортними засобами;
- зменшення ризику аварій, забруднення тощо;
- збільшена соціальна взаємодія та згуртованість спільноти;
- покращені можливості для збереження культурної спадщини (наприклад, історичних будівель);
- збільшені фізичні навантаження;
- покращена естетика вулично-дорожнього середовища;

3) екологічні:

- зменшення земель, необхідних для доріг та паркувальних місць;
- збереження відкритого простору;
- знижене споживання енергії та викиди забруднюючих речовин;

- зменшення забруднення води;
- зменшення ефектів «теплового острова».

Існує кілька причин, через які ходьба та можливість комфортного пішохідного руху зазвичай не враховуються при проектуванні і реконструкції вулично-дорожніх мереж (рис. 1):

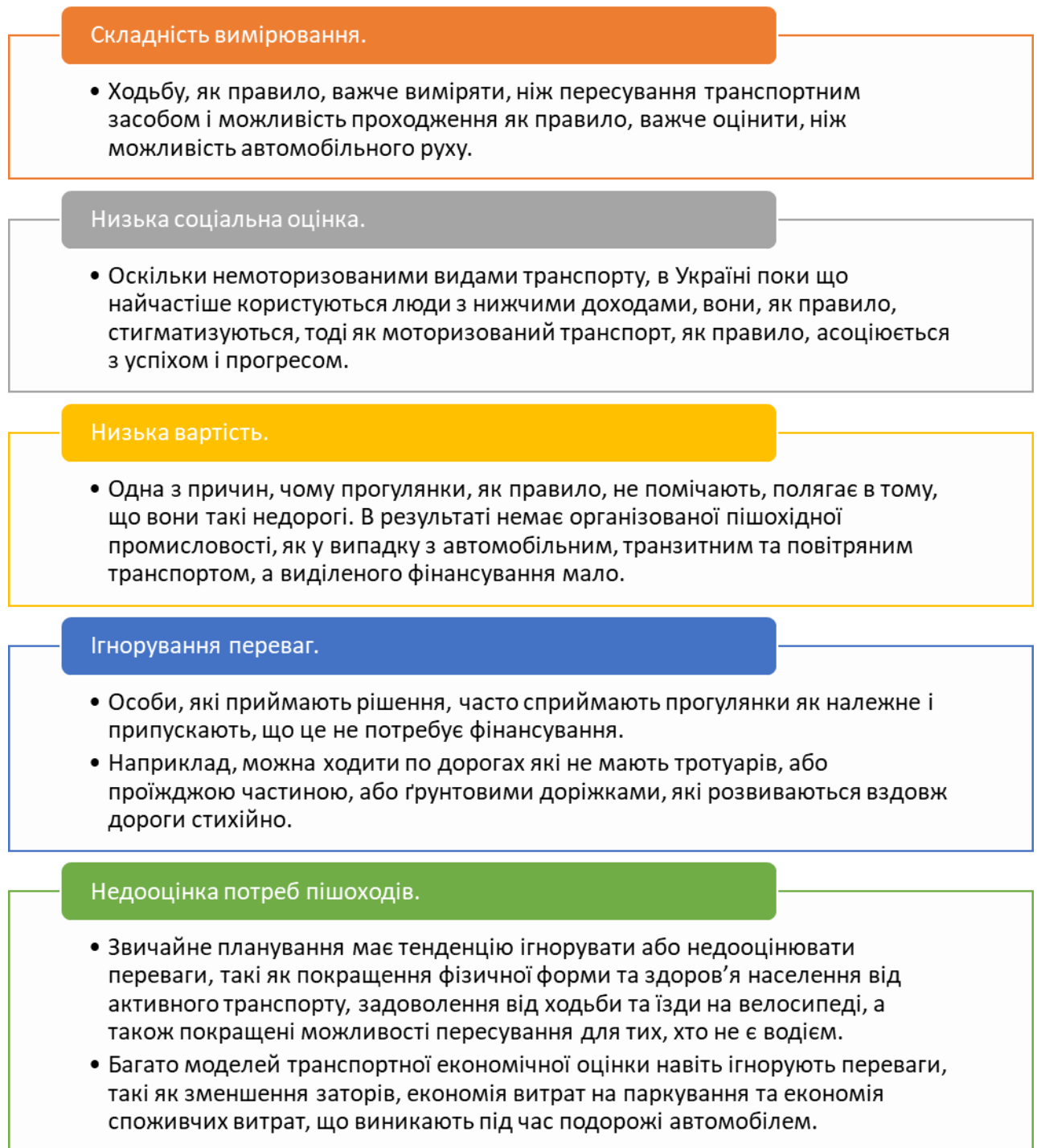


Рис.1. Причини, через які ходьба часто не враховується при проектуванні і реконструкції вулично-дорожніх мереж

Існують різноманітні способи перерозподілу вулично-дорожнього простору. Світовий досвід реорганізації вулично-дорожньої мережі [1, 2, 3] можна раціонально використати в Україні. Враховуючи досвід інших країн можливо з урахуванням потреб всіх учасників дорожнього руху позитивно покращити становище вулично-дорожнього простору міст України. Для підвищення конкурентоспроможності пішохідного руху можна додати вулиці, що зменшить довжину кварталу. А у великих кварталах варто розглянути можливість додавання проходів та переходів для пішоходів і велосипедистів. Варто приділяти увагу озелененню та оздобленню пішохідних просторів для покращення їх привабливості для прогулянок. Необхідно забезпечити достатню освітленість та безпеку для руху пішоходів. Проєктувати пішохідні простори слід з урахуванням потреб в залежності від їх виду (рисунок 2).



Рис. 2. Перелік видів пішохідного простору

Отже, узагальнюючи, можна сформулювати наступні основні принципи створення пішохідно-орієнтованого вулично-дорожнього простору.

1. Принцип безпеки полягає у захищеності пішохідного простору від автомобілів, відсутності перешкод по ходу руху пішохідного потоку: сходів, парканів, стовпчиків, лавочок, ліхтарів, організації переходів до пішохідного

простору, забезпеченні одного рівня тротуарів порівняно з рівнем автомобільного полотна (на переходах), забезпеченні якості пішохідного покриття і навігація (наявності інформації для пішоходів, схем району, карт).

2. Принцип фізичного комфорту полягає у забезпеченні доступності для всіх груп населення, наявності місць для відпочинку, наявності та різноманітності вуличного сервісу, освітленості, чистоти простору.

3. Принцип екологічності передбачає забезпечення високої якості повітря, низького рівня шуму, наявності, різноманітності та якості озеленення, ефективного використання водних ресурсів, організації водостоку, енергоефективності, організацію надземних та підземних комунікацій.

4. Принцип доступності інфраструктури громадського транспорту має забезпечувати наявність та якість зупинок громадського транспорту поряд із пішохідним простором, а також ефективне функціонування громадського транспорту.

5. Принцип естетичної привабливості передбачає візуальну привабливість простору (наявність та якість художньо-образотворчих об'єктів (скульптури, мозаїки, панно), озеленення, наявність точок огляду, пропорційність ширини дороги та висоти будівель), візуальну привабливість оформлення будівель (естетичність вивісок, оформлення вітрин, візуальна привабливість фасадів будівель, ступінь зносу будівель) та ідентичність пішохідного простору (унікальність рішень дизайну та благоустрою, відповідність простору історичним традиціям території, наявність і використання історичних пам'яток).

6. Принцип відкритості простору має забезпечувати відкритість закладів на перших поверхах (веранди, відкриті вікна, вітрини), наявність місць для зупинок пішохода, просторову та функціональну різноманітність, можливість вуличної активності (діяльності вуличних митців, вуличної торгівлі і т.п.), відповідність простору досугово-культурному запиту мешканців району.

Висновки. Отже, цілями створення пішохідно орієнтованих просторів є вдосконалення пішохідної інфраструктури у містах, забезпечення єдності та комплексності підходів до благоустрою сукупності вулиць і доріг на території міста, у тому числі підвищення безпеки на дорогах; зниження забруднення атмосфери; якісний благоустрій територій; підвищення комфортності міського середовища; збільшення інтенсивності руху пішоходів усередині районів; підвищення комерційного потенціалу територій.

Основними принципами створення пішохідно-орієнтованого вулично-дорожнього простору є: принцип безпеки, принцип фізичного комфорту, принцип екологічності, принцип доступності інфраструктури громадського транспорту, принцип естетичної привабливості, принцип відкритості простору.

Список використаних джерел

1. Economic Value of Walkability Victoria Transport Policy Institute 2017 / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vtpi.org/walkability.pdf>
2. Princeton Complete Streets Design 2014 / [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.academia.edu/26463607/Princeton_Complete_Streets_Design_Guidelines.
3. Walkability analysis of east delhi 2013 / [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.academia.edu/2393717/walkability_analysis_of_east_delh

ЗБЕРЕЖЕННЯ РУІН ЯК НАГАДУВАННЯ ПРО ВТРАТИ У ВІЙНІ (НА ПРИКЛАДІ ЦЕРКВИ СВ. МИКОЛИ В ГАМБУРЗІ)

Смоленська С.О., д. арх., професор,

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Війни несуть із собою глобальні руйнування будівель та комплексів, навіть цілих міст. Втрата міських символів та об'єктів, цінних в архітектурно-історичному плані, особливо болісна для мешканців. Які існують стратегії щодо відродження спадщини, зруйнованої війною? Як зберегти відбитки минулого, важливі для історичної пам'яті городян, для їхньої ідентичності? Ці питання є надзвичайно актуальними для України сьогодні. Досвід відновлення міської спадщини в європейських країнах після Другої світової війни може бути корисним і в сучасній ситуації післявоєнної реконструкції. Один із підходів, які застосовують щодо окремих архітектурних об'єктів, важливих у містобудівному та смисловому відношенні, – це збереження/консервація руїн як нагадування про втрати у війні. Яскравим прикладом є Церква Св. Миколи в Гамбурзі.

Основний текст. Гамбург був другим за величиною містом Німеччини з розвиненою промисловістю до і під час Другої світової війни. У 1942 р. Великобританія розробила Операцію «Гоморра» зі знищення німецьких промислових міст за допомогою повітряних бомбардувань фугасними та запальними бомбами. Така пекельна суміш створювала страшні пожежі, які спалювали і будівлі, і людей. З кінця липня до початку серпня 1943 року англо-американська авіація майже щодня бомбила Гамбург. Протягом менш ніж 10 днів загинуло від 35 до 40 тисяч мирних жителів (точні дані невідомі). Крім багатьох промислових підприємств, заради яких було здійснено цей акт, було зруйновано близько половини житлових будинків та безліч громадських будівель – шкіл, лікарень, церков та ін. [1]. Церква Св. Миколи була серед них.

Вона була заснована в 1195, багаторазово розширювалася і перебудовувалася протягом століть. Після пожежі 1842 року нову будівлю з трьома нефами і одностовпним трансептом, довжиною 86 м та зі склепінням висотою до 28 м у неоготичному стилі, було зведено за проектом англійського архітектора Sir George Gilbert Scott і освячено в 1863 році.

Дзвіниця висотою 147,3 м була завершена пізніше у 1874 році, після чого церква Св. Миколи стала на кілька років найвищою будівлею у світі (до завершення будівництва Руанського собору у 1877 р.). Інтер'єр прикрасили скульптури та вітражі [2].

Під час повітряних нальотів дзвіниця служила орієнтиром для британських та американських військово-повітряних сил. 25 липня 1943 року під ударами авіабомб дах завалився, але пошкоджені стіни та вежа встояли.



Рис. 1. Дзвіниця церкви Св. Миколи. Фото: © С. О. Смоленська, 2024



Рис. 2. Меморіальний музей у крипті. Фото: © С.О.Смоленська, 2024

Сенат Гамбурга вирішив не відновлювати церкву, оскільки після війни кількість парафіян у цій частині міста значно скоротилася. Під час війни багато вітражів було знято, щоб захистити їх від вибухів. Деякі з них, разом з деталями та скульптурами, що збереглися, перенесли в інші церкви та музеї.

Несуча конструкція церкви Св. Миколи залишилася значною мірою неушкодженою, тому варіант реконструкції будівлі міг би бути реалізованим. Тим не менше, сенат Гамбурга обґрунтував рішення про знесення заходами безпеки.

Але дзвіниця та частина стін були збережені, оскільки виникла ідея звести на руїнах меморіал. Хоча перші реставраційні роботи було розпочато у 1955 році, а дзвіниця набула статусу пам'ятника у 1960-ті, Сенат згодом відмовився від планів створення меморіалу. У 1970ті-1980ті руїни перебували в занепаді, аж поки асоціація «Save the Nikolaikirche e. V.» не почала збирати пожертвування на підтримку будівлі, створення простору для проведення заходів та виставок у крипті. З того часу меморіал Св. Миколи постійно розширюється як «місце пам'яті жертв війни та тиранії», поповнюється документами та витворами мистецтва.

У липні 1993 року на відкритій східній стороні першого рівня дзвіниці було встановлено карильйон, що складається з 51 церковного дзвону. Він грає мелодії чотири рази на день (рис. 1). З 1 вересня 2005 р. скляний панорамний ліфт усередині вежі дозволяє піднятися на оглядовий майданчик заввишки 76 м.

Меморіальний музей було значно перебудовано та розширено у 2012-2013 роках. З вересня 2013 року тут відкрито постійну експозицію «Гоморра 1943 року – руйнування Гамбургу у повітряній війні». У підвальних приміщеннях, що збереглися, знаходиться музей. Тут представлено постійну експозицію, присвячену історії церкви та руйнуванню Гамбургу в ході операції «Гоморра». Він займає площу близько 450 квадратних метрів і репрезентує багату подіями міську історію [3]. У сховищі також регулярно відбуваються лекції, концерти, пам'ятні заходи та екскурсії (рис. 2).

Меморіал Св. Миколи включає в себе вежу зі скляним ліфтом, який піднімається до оглядового майданчика, та колишній хор і залишки стін навпроти дзвіниці. Між ними в колишньому нефі знаходиться місце спокою, в яке можна увійти з відкритого північного боку. Колишні стовпи церкви позначені в підлозі. На меморіалі просто неба встановлено сучасні скульптури, присвячені трагедії війни. Прийом, використаний творцями меморіалу, справляє сильне враження: ви опускаєтеся в крипту, в підземелля, де розгорнуто меморіальну експозицію, а потім злітаєте на скляному ліфті до оглядового майданчика, де ширяєте над містом.

Висновки. Консервація руїн – добре відомий прийом, який використовується щодо архітектурної спадщини. Він може бути обґрунтований як необхідністю збереження змін об'єкта в часі, так і тривіальною відсутністю коштів на відновлення пам'ятки. Гамбурзький приклад цікавий ідеєю використання руїн як нагадування про війну, про руйнування, які вона з собою несе. Залишки церкви Св.Миколая – це незагоєна рана на тілі міста, важлива для його історії.

Список використаних джерел

1. "Operation Gomorrha": Feuersturm vernichtet Hamburg im Juli 1943.
<https://www.ndr.de/geschichte/chronologie/Operation-Gomorrha-Feuersturm-vernichtet-Hamburg-im-Juli-1943,feuersturm100.html>
2. Ehemalige Hauptkirche St. Nikolai (Hamburg).
[https://de.wikipedia.org/wiki/Ehemalige_Hauptkirche_St._Nikolai_\(Hamburg\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ehemalige_Hauptkirche_St._Nikolai_(Hamburg))
3. Mahnmal St. Nikolai
<https://www.hamburg.de/tourismus/sehenswuerdigkeiten/nikolaikirche-314122>

БУДІВНИЦТВО НОВИХ ОБ'ЄКТІВ В ІСТОРИЧНИХ ЦЕНТРАХ МІСТ

Прийоми гармонізації сучасної архітектури з історичною забудовою

Харламова Л.В., старший викладач

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. Розвиток міст змінює містобудівне середовище та сприяє появі сучасних об'єктів в історичних районах. Проблема поєднання існуючих будівель та сучасних об'єктів є актуальною для кожного історичного міста. Вирішення проблеми полягає в гармонійному інтегруванні сучасних об'єктів та створенні єдиних образів історичних та нових проєктованих будівель. Ще межі ХІХ–ХХ століть теоретик і практик урбанізму Г. Джованноні застерігав сучасників від спокуси консервувати історичні центри або старі райони, перетворюючи їх на подоби тематичних парків. Території, які зупинилися у розвитку, досить швидко перетворюються на незатребувані зони. Архітектурні пам'ятники мають бути живими та затребуваними, це єдиний шанс уникнути забуття та руйнування.

Основний текст. Починаючи з середини минулого століття, під егідою ЮНЕСКО було прийнято понад десять документів, що визначають межі між старим та новим в архітектурі. Венеціанська хартія 1964 визначила, що всі архітектурні доповнення мають відрізнятися від оригінальної пам'ятки та нести видимі ознаки сучасності. Гармонійне поєднання «старого і нового» у формування стилістичного та композиційного образу сучасних будівель у історичному середовищі, що склалося, залишається на сьогодні важливим завданням. Пріоритетним є питання збереження історичної архітектурної спадщини з можливим запровадженням нових об'єктів, виконаних із застосуванням сучасних прийомів та технологій.

У міжнародній архітектурній практиці історичні центри міст ніколи не розглядалися як законсервовані музеєфіковані комплекси із суворою забороною нового будівництва на їхній території. У практиці проєктування розроблено кілька прийомів (напрямів) гармонізації нової забудови з історичним середовищем:

- імітація чи повторення історичних архітектурних форм у новому об'єкті;
- контрастне поєднання історичного середовища та нового об'єкта без виявлення розмаїття «старого та нового», симбіоз «старого та нового»;
- «підпорядкування», тобто формування нової забудови на принципах «вписування» нових об'єктів у середовище, що вже склалося.

Якщо узагальнити всі рекомендації численних меморандумів та хартій, сучасні будівлі повинні вписуватися в історичну тканину дбайливо та шанобливо, але іноді їм дозволяється домінувати та контрастувати. Неоднозначність рекомендацій породжує проблеми стосунків. І в той же час служить відмінним каталізатором прогресу, змушуючи шукати нові і нові виразні і водночас досить

поважні рішення. Гарних та оригінальних архітектурних рішень - прикладів вдалої інтеграції нової архітектури в історичну забудову, чимало, незважаючи на те, що у світовій практиці подібні завдання належать до завдань найвищої складності.

КОНТРАСТ та РОЗЧИНЕННЯ. Новий корпус Центру Близького Сходу, автором якого є Заха Хадід, знаходиться в історичному середовищі, в комплексі коледжу Сент-Ентоні. До складу комплексу входять існуючі споруди XIX ст. та брутална споруда 1971 року, всі вони мають статус пам'яток архітектури.

Заха Хадід, яка вважала, що «Контраст допомагає підкреслити цілісність минулого і сьогодення», внесла в академічну забудову Оксфорда яскравий дисонанс у вигляді сталевих конструкцій «Будівля Інвесткорп» Investcorp Building.

Формально рішення нової будівлі цілком відображає сучасну епоху, але при всьому контрасті форми, будинок ідеально поєднується з існуючою забудовою.

Обшивка фасадів та покрівлі панелями полірованої нержавіючої сталі дозволяє новій споруді м'яко відбивати навколишнє середовище, розчиняючись у ній, при цьому вигнута сторона будівлі та спеціально влаштована дренажна система дозволили зберегти сторічну секвойю.



Рис. 1. «Центр Близького Сходу», коледж Сент-Ентоні, Оксфорд. автор Заха Хадід

КОНТРАСТ. Цілком інший прийом застосований при модернізації напівзруйнованого крила замку Моріцбург у Галлі (музей мистецтва). Іспанські архітектори Ф. Ньето та Е. Собехано (Nieto Sobejano Arquitectos) навіть не

намагалися імітувати стиль раннього Відродження. Демонстративно сучасна надбудова, дах та заповнення порожнеч якої контрастують з історичними стінами, формою та матеріалами. Цей навмисний контраст покликаний підкреслити гідності старовинного і сучасного зодчества.



Рис. 2. Музей мистецтва у замку Моріцбург у Галлі

Адаптивне повторне використання історичних будівель набирає популярності і веде до їх осмисленого перепрофілювання. Це естетичний процес, який адаптує старі будинки для нового використання, зберігаючи при цьому їх історичні особливості.

РОЗЧИНЕННЯ та ПІДПОРЯДКУВАННЯ. Перетворення церкви Святої Марії в Кілкенні (Ірландія) в музей «середньовічної мрії» демонструє зовсім інший підхід. Автори проекту «Архітектори Маккалоу Малвіна» (McCullough Mulvin Architects) беззастережно підпорядковують розширення музею архітектури XIII ст., але не наслідують її ні в деталях, ні в матеріалах. Інтеграцію додаткової сучасної частини будівлі до існуючої історичної досягнуто за рахунок застосування колористичного прийому. Окислений свинець, вибраний як основний матеріал для даху і фасаду прибудов, зливається з сірим каменем і похмурим ірландським небом. І хоча нова архітектура візуально розчиняється в історичній, різниця епох та стилів очевидна.



Рис. 3. Реконструкція церкви Святої Марії в Кілкенні, Ірландія

КОНТРАСТНЕ ПОЄДНАННЯ історичного середовища та нового об'єкта без загравання з формами старої архітектури м. Грац, Австрія Kunsthaus Graz. Наочним прикладом оригінальної інтеграції нової архітектури в історичну забудову може бути музей сучасного мистецтва «Кунстхаус». Художній музей Граца (Kunsthaus Graz) з'явився у 2003 році, вписався у міське середовище та вже встиг стати пам'ятником австрійської архітектури та пам'яткою міста. Будівлю «Кунстхаус» було збудовано у рамках програми «Європейська культурна столиця 2003 р.», коли необхідно було створити нову архітектурну пам'ятку у Граці. Унікальна форма та яскравий колір музею сучасного мистецтва щорічно приваблює тисячі відвідувачів з усього світу. За даними міської ради з туризму, кількість гостей лише за п'ять років із 2003 р. зросла більш ніж на 80%, а нерухомість міста багаторазово капіталізувалася.

Авторам вдалося інтегрувати сучасний дизайн будівлі до історичного барокового краєвиду міста з червоними черепичними дахами. Для незвичайного дизайну будівлі, розробленої архітекторами П. Куком та К. Фурньє, характерне унікальне поєднання архітектурних та інноваційних ідей.

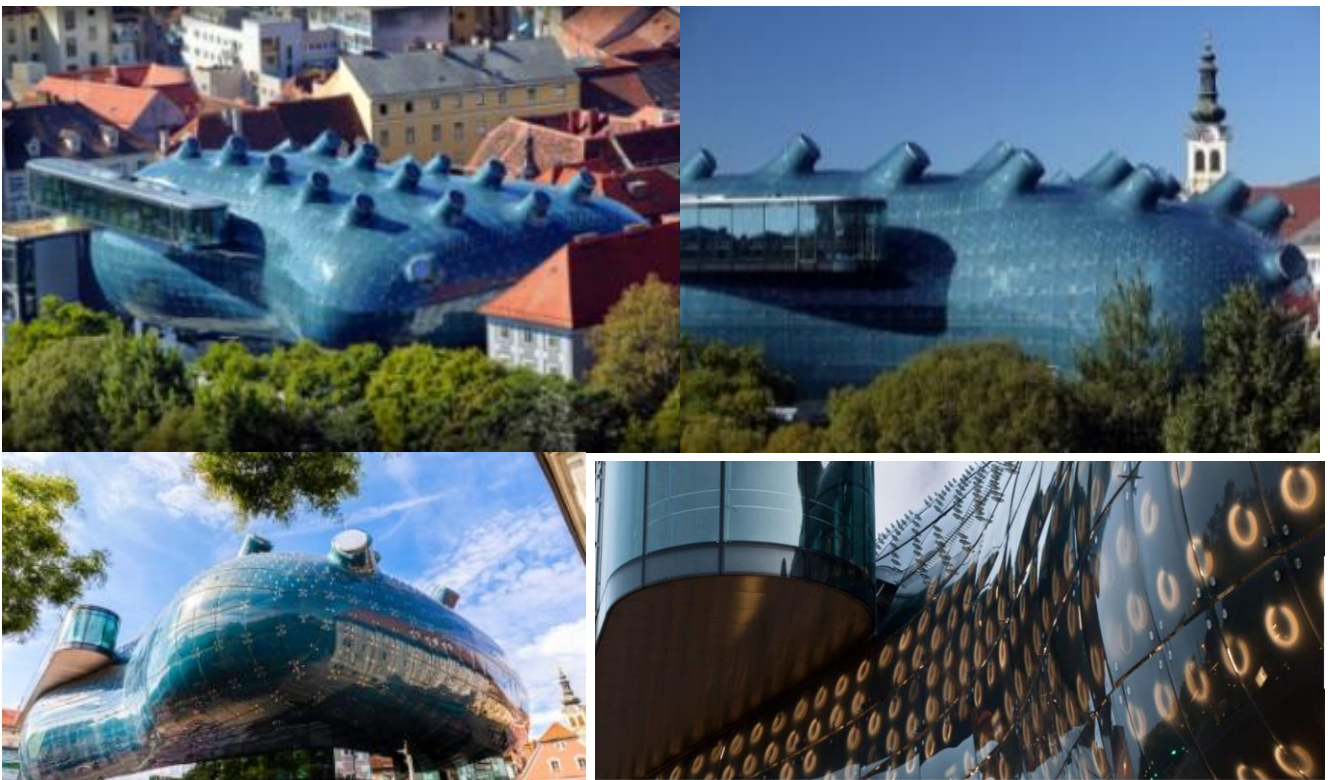


Рис. 4. «KunsthausGraz»— художній музей, побудований за проектом П. Кука та К. Фурньє. Грац, Австрія

На фасаді з синіх пластикових панелей передбачена медіа-інсталяція, що складається з елементів, що світяться - флуоресцентних кілець. Побудований будинок Музею розташований у менш престижному районі міста, неподалік історичного центру, з метою залучити мешканців до цього району. Нова будівля об'єднана з історичною будівлею універмагу 19 століття, зі збереженням її історичного фасаду. Відкриття «Кунстхауса» ознаменувало новий етап у житті м. Грац – покинута територія була модернізована та з'єднана зі старим містом.

ІМІТАЦІЯ середньовічної архітектури кварталу Домрьомер.



Рис. 5. Реалізація проекту Dom-Römer. Франкфурт на Майні

Найбільш масштабним і значним для сучасного вигляду Франкфурта став містобудівний проект 2012-2018 років – відновлення у центральній частині старого міста кварталу Домрьомер. Наявність капітальної післявоєнної забудови на місцях втрачених пам'яток не стала на заваді відтворенню середньовічних будівель, «брутальну» забудову було знесено, щоб звільнити місце для проекту кварталу.

За цей час місто збудувало в центральному районі Альштадт 35 «пряничних будиночків», 15 із них — точна реконструкція історичних бюргерських особняків, а решта будівель трохи відрізняється сучасними елементами. Під історичним кварталом створено підземне паркування Parkhaus Dom Römer. У результаті місто отримало чи то тематичний парк, чи то етнографічний музей імітацій просто неба.

Висновок. При проектуванні нових об'єктів в історичних центрах необхідно вирішувати важливі композиційні та стилістичні завдання.

В якості основної рекомендація пропонується використання принципово нових прийомів формування архітектурного образу будівель, які сприятимуть органічному включенню нових об'єктів у навколишнє архітектурно-історичне середовище міста.

Список використаних джерел

1. https://www.domusweb.it/it/architettura/2015/06/04/zaha_hadid_investcorp_building.html Новий корпус Центру Близького Сходу, Заха Хадід, Сент-Ентоні. Оксфорд.
2. [https://www.google.com/search?client=opera&q=Моріцбург+у+Галлі+\(музей+мистецтва\)+Ф.+Ньєсто%2CE.+Собехано&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8](https://www.google.com/search?client=opera&q=Моріцбург+у+Галлі+(музей+мистецтва)+Ф.+Ньєсто%2CE.+Собехано&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8)
3. <https://pragmatika.media/arhitektura-ili-butaforija-chestnye-pravila-dlja-chestnyh-zdanij/> Реконструкція церкви Святої Марії в Кілкенні, Ірландія
4. [bezviz.co.ua/sights/budynok –mystetstv -kunstkhaus/](http://bezviz.co.ua/sights/budynok-mystetstv-kunstkhaus/) «KunsthausGraz»– художній музей. Грац, Австрія.
5. <https://pragmatika.media/arhitektura-ili-butaforija-chestnye-pravila-dlja-chestnyh-zdanij/> Dom-Römer. Франкфурт на Майні

ЗЕЛЕНИЙ ВОДЕНЬ: ПРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

*Заводяний В.В., канд. ф.-м.н., доцент; Шпилько О.О., студент
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м.Кропивницький*

Вступ. Одним з перспективних шляхів, якому почали слідувати розвинені країни світу, став водень. Цей принцип базується на використанні водню, як енергоносія, який зможе стати основою для майбутньої зеленої енергетики всього світу. Людям здається, що заміна викопного палива відбудеться швидко, але понад 95% водню який ми маємо, є похідним продуктом з викопного палива. Ми маємо можливість зменшити залежність від вуглеводнів, якщо зосередимося на зеленому водні, який отримується шляхом використання відновлювальних джерел енергії для електролізу води [1].

Глобальні тенденції та політичні ініціативи сприяють зниженню витрат, прогнозується зниження виробничих витрат до рівня 2 доларів США/кг до 2030 року. Такі розвинуті країни як Німеччина, Японія, Австралія, є лідерами водневого виробництва, вони ставлять собі на меті розширити потужності та інтегрувати зелений водень в промисловість, транспортний та енергетичний сектор [2]. Це дозволить значно знизити вплив людини на екологію та дозволить країнам отримати енергетичну автономність.

Основний текст. Водень – один з хімічний елементів, який має колосальний запас у природі. Він складає 75% маси Всесвіту, а на Землі міститься у воді, природному газі, вугіллі та нафті. Доволі часто водень порівнюють з метаном, та називають його чистою альтернативою. Він сприймається, як довгострокове рішення у стратегії скорочення викидів у найбільш вуглеродомістких секторах, беручи до уваги виробництво електроенергії, транспорт тощо.

Головна відмінність, яка робить водень (H_2) привабливим, як альтернативу викопному паливу – це здатність «горіти» без виділення вуглекислого газу (CO_2). Теоретично ним можна замінити звичайне паливо, але на даний період часу – це неможливо з економічної точки зору. Однією з важливих характеристик є можливість зберігати енергію отриману з водню зберігати на довший термін, ніж у звичайних літєвих акумуляторах. І при необхідності його можна перетворити знову в електричну енергію або використати замість викопного газу [3].

Зелений водень отримують пропускаючи сильний електричний струм через резервуар з водою, який розщеплює молекули води на дві складові. Цей метод називають електролізом. Атоми водню (H_2) з'єднуються з атомами водню, а кисень спарюють. Якщо для цього процесу використовувати електроенергію отриману від відновлювальних джерел енергії, як сонячні панелі, вітрова турбіна, гідроелектростанція, виробництво H_2 стане повністю екологічним [5].

До переваг можна віднести практичну необмеженість відновлювальних джерел енергії для виробництва зеленого водню. Можливість досягнення високих температур при спалюванні. Це є перевагою для високотемпературних процесів, наприклад, у металургії [4].

На перший погляд використати зелений водень можливо лише для спалювання та отримання теплової енергії або для виробництва електроенергії, але він має й інші потенційні застосування:

- водневі електричні автомобілі та вантажівки;
- контейнеровози, що працюють на рідкому аміаку з водню;
- турбіни, що працюють на водні, які можуть виробляти електроенергію в періоди пікових потреб, щоб допомогти зміцнити електричну мережу;
- як заміник природного газу для приготування їжі та опалення в будинках [5].

Не потрібно забувати, що водень має велику перспективу пересувної електростанції, яку можна розмістити у безпосередній близькості до його споживача або транспортування окремим воднепроводом. Наприклад, електролізер зеленого водню розташований у безпосередній близькості до металургійного заводу, на якому він і буде спожитим. При цьому невіловуватимуться невирішені технічні і транспортно-економічні питання.

Також перспективною можна вважати метанацію CO_2 за допомогою зеленого водню. Для цього необхідно:

- розмістити поряд установку виробництва зеленого водню і біометану;
- конвертувати зелений водень у біометан, провівши його реакцію з CO_2 , який виділяється під час виробництва біометану;
- у газопровід додатково до біометану закачувати синтетичний метан, у який було конвертовано зелений водень [4].

Концепцію перетворення зеленого водню у синтетичний відновлювальний метан можна побачити на рис.1

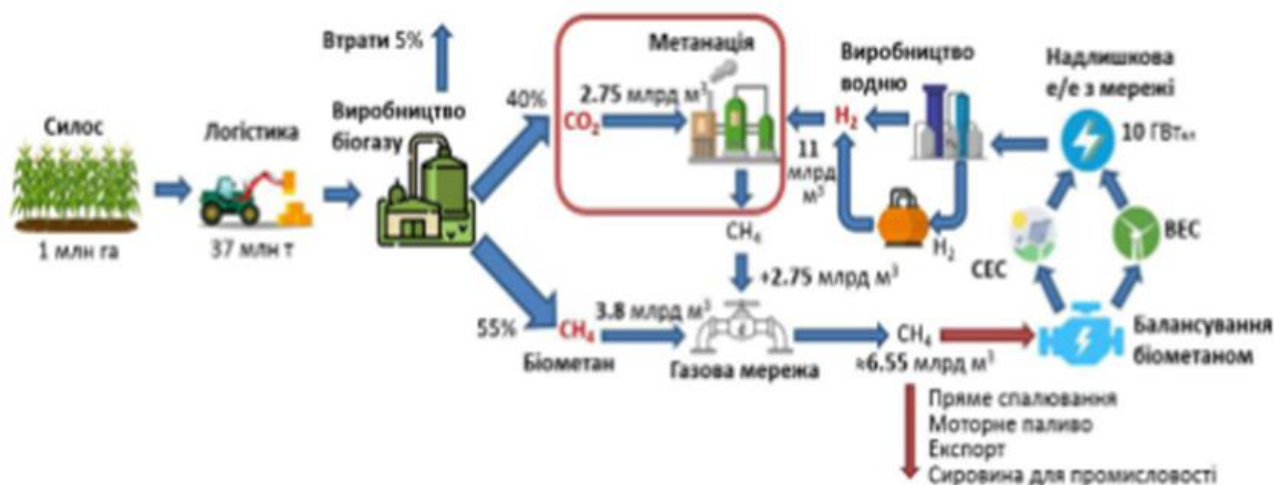


Рис.1. Концепція синтетичного відновлювального метану [4]

Використання такої схеми дозволить додатково до потенційних 9.7 млрд м³/рік біометану в Україні додати 7 млрд м³/рік синтетичного метану [4].

Напрямок зеленого водню на сьогоднішній день є перспективним для інвестицій. У галузь вливають мільярди євро інвестиційного капіталу та підтримуються країнами де вони розташовані, а ціни на акції компаній стрімко зростають. До прикладу, Федеральний уряд Німеччини прийняв національну водневу стратегію. Вона полягає у посиленні досліджень водневих технологій та підготовки країни до переходу на водневу економіку. Наразі, **Федеральне міністерство освіти та наукових досліджень Німеччини (BMBF)** виділяє фінансування в рамках проєкту “KOPERNIKUS P2X” яка досліджує водень від виробництва до використання за стратегією “**POWER-TO-X**”. Ще одним прикладом є грант для **університету імені Лейбніца в Ганновері** в програмі Нижньої Саксонії «Інноваційні лабораторії водневих технологій» [5].

Для України напрямок зеленого водню також є стратегічним, це можна підтвердити тим, що фахівці Укргідроенерго взяли участь у експертній дискусії щодо шляхів розвитку водневої економіки в Україні. Під час дискусії відбувалися обговорення щодо виробництва, дослідження. Відкриваючи засідання **голова Держенергоефективності Валерій Безус** наголосив на пріоритетності розвитку водневої енергетики на державному рівні [6].

“На сьогодні в Міністерстві енергетики створена та активно працює робоча група з розробки водневої стратегії. Напрацьовано потужний документ — проєкт Національної водневої стратегії, яка містить основні напрями та перспективи застосування водню в Україні. Ця тема — основа енергетичної безпеки, оскільки водень розглядається як енергоносіє майбутнього, як елемент, який зможе замінити природний газ”, - зазначив Валерій Безус [6].

Висновки.

Зелений водень має великі перспективи замінити всім нам так звичні викопні паливні ресурси. Має великі можливості для застосування від промислового виробництва до домашнього електрогенератора, який буде екологічним та незашкодить навколишньому середовищу. Дає можливість для інтеграції з такими відновлювальними джерелами енергії, та застосуванні у якості маневрової потужності, що позитивно вплине на розвиток зеленої енергії в цілому.

Подальший розвиток добутку зеленого водню дозволить наростити маневрові потужності та збільшити частку зеленої енергії в економіці країн світу. Використовувати потужності ефективніше, що у свою чергу зміцнить енергетичний баланс, та надасть змогу швидко реагувати на зміну попиту на електричну енергію та забезпечити необхідну пропозицію.

Список використаних джерел

1. Rohit Srivastava, Jayeeta Chattopadhyay and Diogo M.F. Santos, Solar-Driven Green Hydrogen Generation and Storage, 2023
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323995801099891>
2. Sameer Algburi ^a, Hassan Munther ^b, Omer Al-Dulaimi ^c, Hassan Falah Fakhruideen ^d, I.B. Sapaev ^{e f}, Karrar Fadhil Khalaf Al Seedi ^g, Doaa H. Khalaf ^h, Feryal Ibrahim Jabbar ⁱ, Qusay Hassan ^b, Ali Khudhair, Grace Nakimera., Green Hydrogen Role in Sustainable Energy Transformations: A Review, 2025
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123025011843>
3. РБК-Україна, Енергія з води. Що таке "зелений" водень та як його хочуть виробляти в Україні, 2024
<https://www.rbc.ua/rus/news/energiya-vodi-shcho-take-zeleniy-voden-ta-1722187479.html>
4. Георгій Гелетука, Біометан і зелений водень: порівняємо основні відновлювані гази, 2022
<https://greendeal.org.ua/biometan-i-zelenyj-voden-porivnyayemo-osnovni-vidnovlyuvani-gazy/>
5. Європейський Освітньо-Науковий Технологічний Центр, HYDROGEN, 2021
<https://web.kpi.kharkov.ua/eestc/2021/05/01/shho-take-zelenyj-voden/>
6. Укргідроенерго, “Зелений” водень в Україні: гідроенергетики долучилися до обговорення національних перспектив енергоносія, 2022
https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/zelenyy-voden-v-ukrayini-hidroenerhetyky-doluchylsya-do-obhovorennya

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ КОТЕДЖІВ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Зубенко В.О., к.т.н., доцент

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон

Вступ. У сучасних умовах зростання цін на енергоресурси, загострення проблеми зміни клімату та необхідності підвищення якості життя питання енергоефективності будівель набуває особливої актуальності. Зниження енергоспоживання будівельного фонду дозволяє не лише оптимізувати витрати домогосподарств і підприємств, а й значно скоротити викиди парникових газів, тим самим сприяючи сталому розвитку. У цьому контексті енергоефективність розглядається не як допоміжний елемент проєктування чи експлуатації будівель, а як ключовий параметр, що визначає їхню сучасність, екологічну відповідальність та економічну ефективність. [1-3]

Метою дослідження є систематизація теоретичних засад енергоефективності будівель, аналіз сучасних нормативних вимог, оцінка передових підходів у проєктуванні та експлуатації енергоефективних споруд, а також виявлення актуальних проблем і шляхів їх вирішення у контексті сталого розвитку будівельної галузі України на прикладі котеджної забудови в Кіровоградській області.

До основних проблем енергоефективності будівель належать: низький рівень термомодернізації існуючого житлового фонду; застарілі інженерні системи; відсутність належного контролю за дотриманням будівельних норм під час реконструкції; недостатнє використання цифрових технологій для моніторингу енергоспоживання.

Основна частина. Житлові будинки котеджного типу, особливо індивідуальної забудови, мають значний потенціал для підвищення енергоефективності за рахунок впровадження сучасних конструктивних та інженерних рішень.

Під енергоефективністю будівлі розуміють її здатність забезпечувати комфортні умови проживання чи використання з мінімальним споживанням енергоресурсів. Основні фактори, що впливають на цей показник, включають теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, ефективність інженерних систем (опалення, вентиляції, кондиціонування), а також архітектурно-планувальні рішення. Важливою складовою є також впровадження сучасних матеріалів та автоматизованих систем управління, які дозволяють адаптувати режим енергоспоживання до реальних потреб користувачів.



Розподіл тепловтрат у типовій будівлі

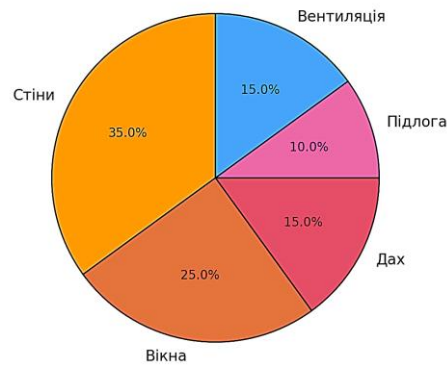


Рис. 1. Елементи, що впливають на енергоефективність будівлі: утеплення, вікна, дах, вентиляція, інженерні системи та розподіл тепловтрат

В Україні питання енергоефективності будівель регулюється низкою законодавчих та нормативних документів, серед яких ключове значення мають Закони "Про енергозбереження" та "Про енергоефективність будівель". У їхній основі — вимоги щодо мінімізації енергоспоживання, енергетична сертифікація будівель та запровадження енергетичних паспортів [1-3]. Відповідні державні будівельні норми (зокрема, ДБН В.2.6-31:2021) визначають теплотехнічні вимоги до конструкцій і принципи оцінки енергетичних характеристик. Імплементация європейської Директиви 2010/31/ЄС стимулювала гармонізацію національного законодавства з міжнародними стандартами, що забезпечує подальший розвиток сфери енергоефективності в Україні.

Методи оцінки енергоефективності будівель поділяються на дві основні групи: експериментальні та розрахункові. Перші базуються на тепловізійному обстеженні, яке дозволяє виявити зони надмірних тепловтрат, другі — на комп'ютерному моделюванні енергетичних процесів за допомогою програмних засобів, таких як EnergyPlus або eQUEST. Останні є особливо ефективними при розробці проєктних рішень, оскільки дозволяють передбачити вплив кожного з параметрів на загальний рівень споживання енергії. Такі підходи також активно використовуються для розрахунку показників енергопотреби (EP_{nd}), енергоспоживання (EP_{use}) та викидів парникових газів (mCO₂).

Міжнародна практика демонструє значний прогрес у сфері енергоефективного будівництва. У країнах Європейського Союзу діє стратегія переходу до будівель з майже нульовим енергоспоживанням (nZEB) [4], в яких значна частина енергії надходить з відновлюваних джерел. Концепція пасивного будинку, яка широко впроваджується у Німеччині, Франції та скандинавських країнах, ґрунтується на максимальній теплоізоляції та енергоощадних інженерних рішеннях. Такі будівлі мають потенціал зниження споживання теплової енергії до 90% у порівнянні з традиційними спорудами.

Україна також демонструє позитивну динаміку: реалізовано низку проєктів модернізації житлових і громадських будівель із застосуванням енергозберігаючих технологій. Найбільший ефект досягається при комплексному

підході — поєднанні утеплення фасадів, заміни вікон, модернізації систем опалення, використання відновлюваних джерел енергії та автоматизації управління. Зокрема, в містах Київ, Львів, Івано-Франківськ реалізовано програми термомодернізації, які дозволили скоротити витрати теплової енергії на 50-60%.



Рис. 2. Динаміка зниження споживання теплової енергії в модернізованих будівлях України

Котеджні будівлі відіграють важливу роль у сучасному житловому будівництві та відрізняються індивідуальним архітектурним стилем, адаптованим до потреб комфортного проживання в умовах заміського середовища. Вони, як правило, мають площу від 100 до 300 м², що дозволяє створити не лише житловий простір, але й зону для технічного обладнання. Для забезпечення енергоефективності значну роль відіграє вибір конструктивних матеріалів і інженерних рішень. Сучасні котеджі дедалі частіше будують з використанням високоефективних теплоізоляційних матеріалів: сендвіч-панелей, газоблоків, утеплених фасадних систем. Застосування енергозберігаючих вікон зі склопакетами з низьким коефіцієнтом теплопередачі значно скорочує тепловтрати. Крім конструктивних рішень, до підвищення енергоефективності сприяє встановлення систем з високим ККД — теплових насосів, конденсаційних котлів, вентиляції з рекуперацією тепла та технологій «розумного будинку».

Особливості клімату Кіровоградської області — холодна зима та спекотне літо — створюють підвищене навантаження на системи опалення та охолодження. Це обумовлює потребу в комплексному підході до проектування котеджів із врахуванням мікрокліматичних показників регіону. За інформацією місцевих проектних організацій, у більшості новобудов застосовуються традиційні матеріали — цегла та газобетон. Однак все частіше впроваджуються новітні технології утеплення, що дозволяє досягти значного скорочення енерговитрат. Наприклад, котедж площею 150 м² при стандартній теплоізоляції споживає в середньому 90–100 кВт·год/м² на рік. Застосування покращених ізоляційних матеріалів знижує цей показник до 45 кВт·год/м², а при інтеграції відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, геліосистеми) — до 25 кВт·год/м². Це наочно демонструє потенціал термомодернізації.

У містах Кропивницький, Олександрія та Світловодськ спостерігається зростання кількості енергоефективних проектів у приватному секторі. Основні

напрями модернізації — заміна вікон і покрівель, утеплення фасадів та встановлення нових опалювальних систем. У сільських районах набуває актуальності використання автономних джерел енергії. Кіровоградщина має сприятливі умови для застосування сонячних електростанцій, оскільки середньорічна інсоляція є достатньою для ефективного використання фотоелектричних модулів. Впровадження таких технологій забезпечує не лише енергоефективність, а й підвищує енергонезалежність домогосподарств.

Таким чином, котеджні будинки в Кіровоградській області демонструють значний потенціал щодо зниження енергоспоживання за рахунок технологічних рішень та адаптації до кліматичних умов. Розробка та реалізація енергоощадних підходів у котеджному будівництві є важливою складовою енергетичної стратегії регіону.

Висновки. Дослідження підтвердило, що енергоефективність є ключовим чинником у сучасному будівництві житла, особливо котеджного типу. Використання теплоізоляційних матеріалів, сучасних інженерних систем і відновлюваних джерел енергії дозволяє суттєво зменшити споживання енергії та підвищити комфорт проживання.

На прикладі Кіровоградської області встановлено, що кліматичні умови регіону зумовлюють високі вимоги до теплозахисту будівель і створюють сприятливі умови для застосування сонячної енергії. Розрахунки засвідчили: за рахунок термомодернізації енергоспоживання котеджу можна знизити в 3–4 рази. Комплексний підхід до енергоефективності сприяє не лише економії ресурсів, а й екологічній безпеці та енергетичній незалежності. Надалі актуальним є впровадження цифрового моніторингу, вдосконалення нормативів та підтримка інновацій у житловому секторі.

Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>
2. Басок Б. І. Фундаментальна теплофізична інженерія будівель у контексті відновлення України: за матеріалами доповіді на засіданні Президії НАН України 5 квітня 2023 року // Вісник Національної академії наук України. — 2023. — № 6. — С. 62–72. — DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2023.06.062>.
3. Зубко Г. Європейський рецепт енергоефективності: що незабаром зміниться в Україні [Електронний ресурс] // Європейська правда. — 2018. — 13 серпня. — Режим доступу: <https://www.eurointegration.com.ua/articles/2018/08/13/7085349>. — (дата звернення: 26.10.2023).
4. Zubenko V. O. Energy-independent buildings and renewable energy sources // *Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали* : зб. наук. праць. — Херсон : ХДАЕУ, 2024. — Вип. 5. — С. 101–105.

ДОСВІД ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД У НІМЕЧЧИНІ

*Чеканович О.М., к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну,
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна;
Zhurakhivskiy V., інженер, WTM Engineers Munich GmbH, Федеративна Республіка
Німеччина*

Вступ. Діагностика будівель і споруд є ключовим етапом для обґрунтованого проектування реконструкції, підсилення або продовження строку їх безпечної експлуатації [1]. У Німеччині накопичено значний багаторічний досвід у сфері технічного обстеження та діагностики, який постійно вдосконалюється із застосуванням сучасних цифрових технологій. Це робить досвід технічного обстеження особливо актуальним в умовах оновлення та модернізації інфраструктури.

Основна частина. Оцінювання технічного стану елементів, конструкцій, будівлі або споруди в цілому (рис. 1, 2), традиційно здійснюється на основі інженерної діагностики. Сучасне обстеження, діагностика охоплюють не лише визначення характеристик міцності бетону й сталі у залізобетонних конструкціях (рис. 3), але й встановлення фактичного розташування арматури та геометричних параметрів прогонових елементів (рис. 4, 5).

Особливу увагу приділяють ідентифікації попередньо напруженої арматури, її відокремленню від звичайної, а також визначенню траєкторії проходження кожного пучка чи каната (рис. 5). Саме попередньо напружена арматура істотно впливає на міцність та жорсткість конструкцій.

Полеві роботи з використанням сучасного діагностичного обладнання дозволяють сканувати залізобетонні елементи з високою точністю. Уточнення результатів сканування здійснюється за допомогою ультразвукових та магнітних методів. Штучне розкриття бетону з метою визначення карбонізації, взяття проб для оцінки хлоритизації та огляду корозійного стану арматури, визначення її положення прагнуть зводити до мінімуму, щоб не порушити якість конструкції.

В лабораторії визначають хлоритизацію, фізико-механічні характеристики матеріалів. Отримані дані обробляють за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програм. На основі великого обсягу сканованої інформації, з використанням методології BIM (Building Information Modeling), створюють просторову 3D-модель прогонової будови, в якій визначено фактичне розташування кожного арматурного елемента. Такий підхід дозволяє не лише оцінити несучу здатність конструкції, а й точно визначити місця можливого розміщення додаткового армування у разі необхідності підсилення.

Просторове моделювання системи армування є критично важливим для прийняття проектних рішень без ризику пошкодження існуючої арматури

додатковими заходами по підсиленню (рис. 5). Це забезпечує високу надійність та безпечність подальшої експлуатації об'єкта [2].



Рис. 1. Загальний вигляд залізобетонного моста

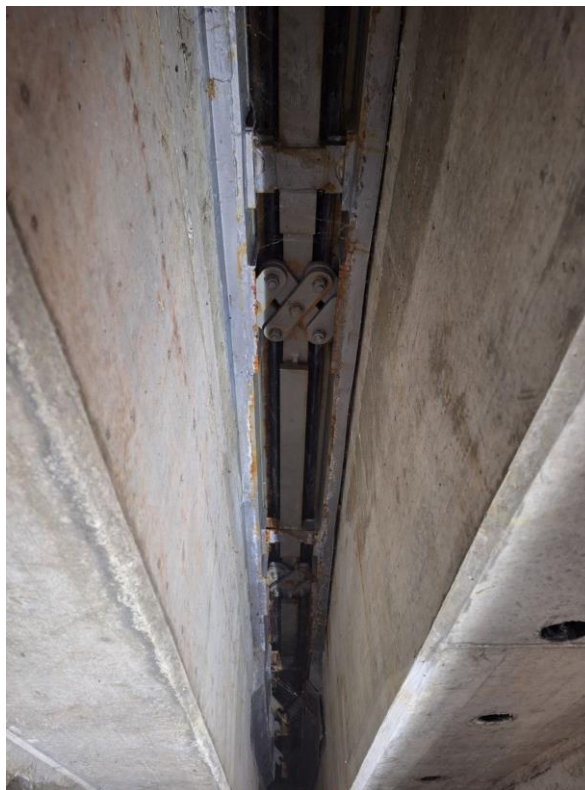


Рис. 2. Вид знизу прогонової будови моста



Рис. 3. Загальний вигляд випробувального обладнання



Рис. 4. Вигляд всередині коробчастої балки

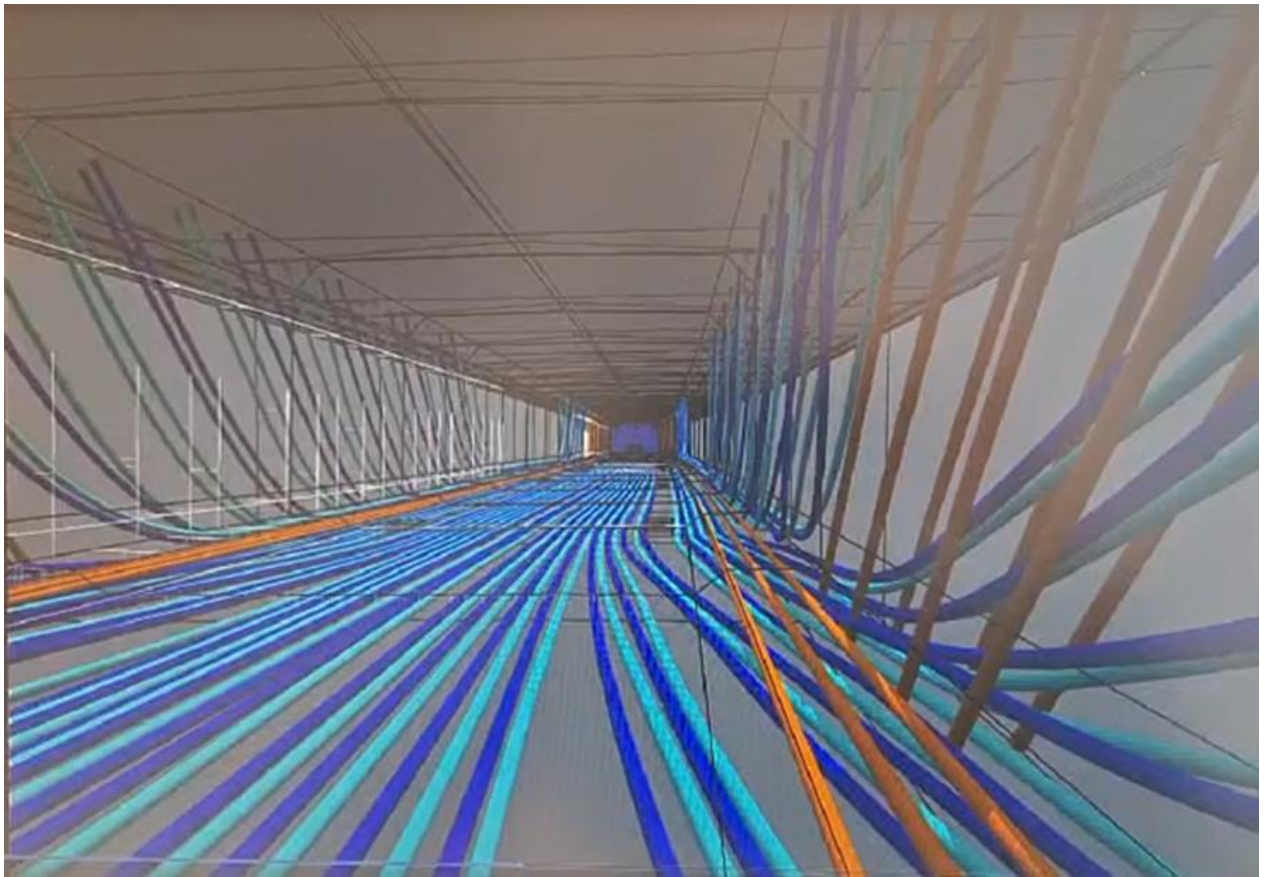


Рис. 5. 3D-модель армування прогонової будови моста

Висновки. Практичний досвід обстеження залізобетонних споруд після тривалої експлуатації в Німеччині підтвердив доцільність використання сучасних методів сканування для визначення положення арматури, лабораторних досліджень хлоритизації та карбонізації. На основі отриманих даних створюються точні 3D-моделі, які є основою для раціонального проектування підсилення, реконструкції чи подальшої безпечної експлуатації будівель та споруд.

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. Чеканович М.Г. (2024). *Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту*. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 261–268. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>
3. Чеканович М. Г. (2024). *Попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш*. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (6), 254-261. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.29>

БУДІВНИЦТВО ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

*к.т.н доц. Слонь В.В., ас. кафедри двигунів і теплотехніки Потьомкін Р.О.
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Кропивницький
Національний транспортний університет м. Київ*

Вступ. У сучасних умовах зростаючої урбанізації та кліматичних викликів усе більш актуальною стає необхідність переосмислення підходів до проєктування й реалізації транспортної інфраструктури. Підвищення щільності забудови, зростання обсягів викидів парникових газів, збільшення навантаження на екосистеми та обмеженість природних ресурсів змушують фахівців шукати нові, більш продуктивні рішення. Саме тому впровадження екологічних принципів у будівництво транспортної інфраструктури стає пріоритетним завданням як на національному, так і на глобальному рівні [1, 2].

Одним із найперспективніших напрямів розвитку галузі є використання відновлюваних і екологічно безпечних матеріалів, які не лише сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, а й мають високі показники довговічності, енергоефективності та придатності до повторного використання [3, 4]. Наприклад, застосування таких матеріалів, як геополімерний бетон, масивна деревина (CLT), перероблений пластик і гума, дозволяє суттєво скоротити викиди CO₂ на етапах виробництва та експлуатації споруд.

Крім того, відновлювані матеріали часто мають менший енергетичний слід при виробництві, кращі теплоізоляційні властивості та потенціал для утилізації або вторинного використання, що є ключовими критеріями в рамках концепції циркулярної економіки. Такий підхід сприяє не лише поліпшенню екологічного балансу територій, де реалізуються проєкти, а й створенню умов для сталого розвитку міст і громад.

Основний текст. Метою цієї роботи є розробка архітектурно-будівельних принципів проєктування та реалізації екологічно безпечних транспортних споруд з урахуванням сучасних викликів сталого розвитку, зосереджуючись на: зниженні негативного впливу на навколишнє середовище впродовж усього життєвого циклу споруди; впровадженні відновлюваних, низьковуглецевих і перероблених матеріалів [3, 4]; оптимізації проєктних рішень з урахуванням енергоефективності, повторного використання ресурсів та утилізації відходів [2, 5];

Основними перевагами впровадження відновлюваних матеріалів у проєктування та зведення транспортних споруд є: зниження вуглецевого сліду завдяки використанню екологічно чистих компонентів (біобетон, геополімери, деревина із сертифікованих лісів) [4]; зменшення кількості відходів будівництва та збільшення рівня повторного використання матеріалів (асфальтової крихти, переробленого пластику, гуми) [2]; підвищення енергоефективності транспортних вузлів за рахунок впровадження "зелених" технологій (сонячні панелі на вокзалах і терміналах, пермеабельні покриття, інтелектуальне освітлення) [3].

Особлива увага в сучасних проєктах екологічно чистих транспортних споруд приділяється інтеграції зелених насаджень, раціональному використанню місцевих природних і вторинних ресурсів, а також створенню умов для розвитку сталої мобільності.

Важливу роль відіграє локалізація матеріалів, проєкти орієнтуються на використання будівельних ресурсів із мінімальним вуглецевим слідом, які не потребують довготривалого транспортування. Це можуть бути місцеві глини, щебінь, пісок, а також вторинні будівельні матеріали з регіональних підприємств із переробки будівельних відходів.

Інфраструктура для сталого транспорту включає систему велодоріжок, які інтегруються в загальноміську мережу та електрозарядні станції для особистого та громадського електротранспорту.

Такі підходи сприяють зменшенню автомобілецентричності міста, зниженню викидів парникових газів, де доступ до ключових сервісів здійснюється без необхідності використання особистого транспорту.

У результаті, сучасне транспортне будівництво все більше набуває комплексного екологічного спрямування, де кожен елемент проєкту — від матеріалу до ландшафтного рішення — спрямований на формування збалансованого, комфортного й безпечного середовища для людини і природи [1, 8].

У результаті досліджень зроблено висновок, що екологічно орієнтоване будівництво транспортних споруд не лише знижує екологічне навантаження, а й підвищує якість життя в містах, сприяє розвитку циркулярної економіки та формує позитивний імідж громад [1, 6].

Наведена стовпчикова діаграма докладно ілюструє порівняння вбудованих викидів CO_2 ($\text{кг}/\text{м}^3$) для трьох поширених конструкційних матеріалів, що застосовуються у транспортному будівництві. Звичайний портландцементний бетон (ОРС), що сягає $\approx 300 \text{ кг } \text{CO}_2/\text{м}^3$, відображає верхню межу типового діапазону для стандартних бетонів на основі клінкерного цементу.

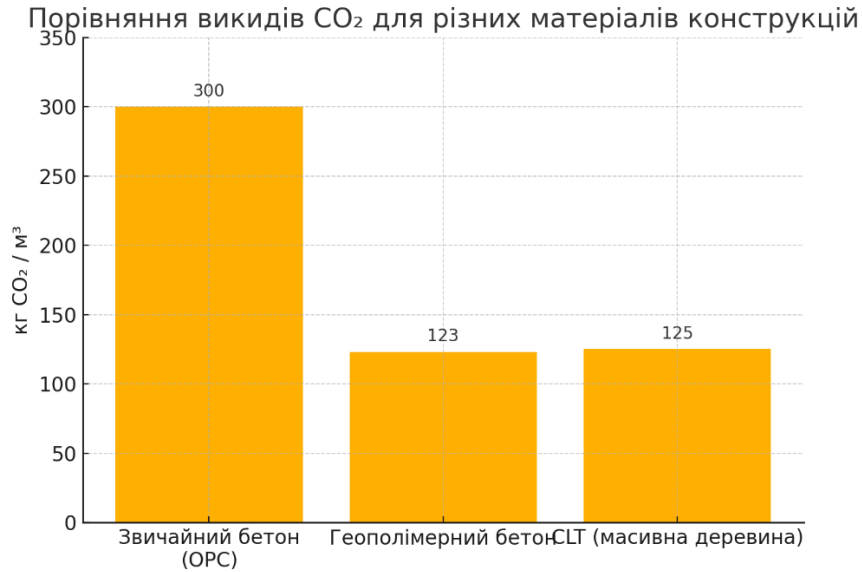


Рис.1. Діаграма порівняння викидів CO₂ (кг/м³) для конструкційних матеріалів

Такий рівень емісій зумовлений енергоємним процесом випалу клінкеру й виділенням CO₂ при декарбонізації вапняку, що традиційно формує основну частку вуглецевого сліду будь-яких масових бетонних конструкцій.

Геополімерний бетон стовпчик із позначкою ≈ 123 кг CO₂/м³ демонструє ≈ 60 % скорочення викидів порівняно з OPC. Ключова причина — відсутність клінкеру й використання лужно-активованих вторинних матеріалів (золи виносу, доменних шлаків, метаксоліну), у результаті чого виробничий процес споживає значно менше енергії та вивільняє набагато менше CO₂.

Масивна крос-ламінована деревина (CLT) розрахункове значення ≈ 125 кг CO₂/м³ отримане шляхом множення питомих емісій 0,25 кг CO₂/кг на середню густину панелі 500 кг/м³. Важливо підкреслити, що цей показник не враховує біогенічного поглинання вуглецю деревиною протягом росту і не містить знижувальних коефіцієнтів за потенціал довготривалого зберігання вуглецю у виробі. З урахуванням цих чинників CLT може стати майже «вуглецево-нейтральним» або навіть «вуглецево-негативним» матеріалом.

Контраст між OPC та альтернативами наочно показує, що перехід на геополімери або CLT дозволяє щонайменше удвічі зменшити вбудовані парникові гази в кожному кубічному метрі конструкції.

Геополімери забезпечують суттєве зниження викидів без радикальної зміни існуючої будівельної логістики, оскільки їхня технологія сумісна з традиційним бетонним виробництвом.

CLT додає до низьких емісій ще й легку вагу, високу несучу здатність відносно власної маси, а також сприяє розвитку лісогосподарських практик сталого менеджменту [7].

Таким чином, візуалізація переконливо підтверджує потенціал відновлюваних та низьковуглецевих матеріалів для мінімізації екологічного сліду не лише транспортних, а й будь-яких інфраструктурних споруд. Вона підсилює аргументацію щодо необхідності оновлення нормативної бази, державних програм «зеленої» закупівлі та стимулювання використання переробленої чи біогенічної сировини у будівництві.

Висновок. Перехід від традиційного ОРС-бетону до геополімерів або масивної деревини може скоротити вбудовані викиди CO₂ у транспортних спорудах удвічі, особливо якщо поєднати це з використанням перероблених матеріалів (RAP, вторинна сталь) та джерел для енергопостачання будівельних майданчиків [4]. Ці переваги стають ще більш відчутними за умови інтеграції перероблених будівельних матеріалів, таких як асфальтобетонна крихта (RAP), відновлена арматура або вторинна сталь. Додатковий ефект екологічної ефективності досягається завдяки використанню відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для забезпечення електроенергією будівельних майданчиків, включаючи сонячні панелі, акумуляторні системи та мобільні мікроелектростанції. Таким чином, поєднання екологічних матеріалів із сучасними методами енергозабезпечення формує нову парадигму сталого будівництва транспортної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Згуровський М. З., *Сталий розвиток: глобальний контекст і національні пріоритети*. — К.: НТУУ "КПІ", 2020. — 336 с.
2. Скворцов Є. В., *Екологічне проектування транспортної інфраструктури*. — Харків: УкрДАЗТ, 2019. — 178 с.
3. Sassi, P. *Strategies for Sustainable Architecture*. – Routledge, 2006. – 288 p.
4. Reddy, B.V., *Sustainable Building Materials and Technologies*. – Taylor & Francis, 2020.
5. ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги»
6. ДСТУ Б EN 15804 — «Екологічна декларація будівельної продукції»
7. Wang, Y. & Zhang, J., Low-Carbon Concrete and Geopolymer Applications in Transportation Projects. // *Construction and Building Materials*, 2023, Vol. 350.
8. ISO 21930:2017 — «Sustainability in building construction — Environmental declaration of building products»