



твій полюс росту



КАФЕДРА
БУДІВНИЦТВА
ТА ЦИВІЛЬНОЇ
ІНЖЕНЕРІЇ



ФАКУЛЬТЕТ
АРХІТЕКТУРИ,
БУДІВНИЦТВА
ТА ДИЗАЙНУ

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Луцька міська рада
Київський національний університет будівництва та архітектури
Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
Ужгородський національний університет
Волинський національний університет імені Лесі Українки

МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ
**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
МІСТОБУДУВАННЯ. ПЕРСПЕКТИВИ ТА
ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ»**

INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRACTICAL INTERNET CONFERENCE
**“CURRENT PROBLEMS OF THE CITY BUILDING.
PROSPECTS AND PRIORITIES OF DEVELOPMENT”**

Збірник тез доповідей

[Електронний ресурс]

Collection of theses

[Electronic resource]

14 листопада 2025 р.

November 14, 2025

УДК 711.4(066)
ББК 85.11в6
С-91

Сучасні проблеми містобудування. Перспективи та пріоритети розвитку: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 14 листопада 2025 р., м. Луцьк [Електронний ресурс]. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 274с.

Current problems of the city building. Prospects and priorities of development: collection of theses international scientific practical internet conference, november 14, 2025, Lutsk [Electronic resource]. – Lutsk: LNTU, 2025. – 274 p.

Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні проблеми містобудування. Перспективи та пріоритети розвитку» проводиться відповідно до наказу Луцького національного технічного університету № 423/01-02 від 14 жовтня 2025 р.

У збірнику викладено результати наукових досліджень і практичного досвіду науковців, виробничників, аспірантів та студентів, які висвітлюють актуальні аспекти розвитку містобудування з напрямків: теорія і практика містобудування; інноваційні аспекти розвитку міського будівництва; перспективні напрямки вдосконалення підготовки фахівців за спеціальністю БЦІ; проектування і проведення реконструкції житла; дослідження матеріалів, конструкцій, інженерних та транспортних систем і ефективних технологій у міському будівництві та господарстві; енергоефективність у міському будівництві та господарстві; сучасні містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад.

Видання адресоване науковцям та викладачам, працівникам підприємств будівельної галузі, аспірантам та студентам.

Адреса оргкомітету:

Кафедра будівництва та цивільної інженерії
Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018.

E-mail: lntu_mbg@ukr.net

Сайт конференції: <https://konf-mbg.wixsite.com/lntu-bci-mbg-2025>

Відповідальність за зміст тез несуть автори.

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету (протокол № 7 від 26 грудня 2025 р.)

© ЛНТУ, 2025

Науковий комітет:

- Ірина ВАХОВИЧ – д.е.н., проф., ректор ЛНТУ;
- Микола ДЬОМІН – д. арх., проф., КНУБА (Київ);
- Микола ОСЕТРИН – к.т.н., проф., КНУБА (Київ);
- Алірза МАМЕДОВ к.т.н., доц., декан факультету урбаністики та просторового планування, КНУБА (Київ);
- Олексій ПРИЙМАЧЕНКО – к.т.н., доц., зав. каф. МБ, КНУБА (Київ);
- Олександра СИНГАЇВСЬКА – д.т.н., проф., КНУБА (Київ);
- Дмитро КОЧКАРЬОВ – д.т.н., проф., зав. каф. МБГ, НУВГП (Рівне);
- Олександр ТКАЧУК д.т.н., проф., НУВГП (Рівне);
- Святослав ГОМОН – д.т.н., проф., НУВГП (Рівне);
- Олександр ЗАВАЛЬНИЙ – к.т.н., доц., зав. каф. МБ, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова (Харків);
- Ірина ЛИННИК – д.т.н., проф., ХНУМГ ім. О. М. Бекетова (Харків);
- Анна УЛЬ – д.т.н., проф., зав. каф. ГЗіК, ВНУ ім. Лесі Українки (Луцьк);
- Ольга БОРЗЯК (Olga BORZIAK) – д.т.н., проф., Західнопоморський технологічний університет у Щецині (Щецин, Польща);
- Інна АБРАМЮК (Inna ABRAMIUK) – к. арх., доц., Зеленогурський Університет (Зелена Гура, Польща);
- Матія ОРЕШКОВИЧ (Matija OREŠKOVIC) – к.т.н., доц., Північний університет (Вараздин, Хорватія);
- Мануель Т. БРАЗ-СЕЗАР (Manuel T. BRAZ-CÉSAR) – д-р. філософії, проф.-ад'юнктор, Політехнічний інститут Браганси (Браганса, Португалія);
- Торальф ВАЙЗЕ (Toralph WEISE) – віце-президент Фонду підтримки будівельної галузі, Фонд Ебергарда Шьока (Німеччина);
- Тарек Абдулла ЕРІФАВІ (Tarek Abdullah ERIFAVI) – керівник департаменту аеродромів та площ на рівні аеропортів Лівії (Лівія);
- Йолана ГОЛИК – к.т.н., доц., УжНУ (Ужгород);
- Любов КСЬОНШКЕВИЧ – к.т.н., доц., заступник з виховної роботи директора Будівельно-технологічного інституту ОДАБА (Одеса);
- Олена КРАНТОВСЬКА – к.т.н., доц., заступник з міжнародних зв'язків директора Інженерно-будівельного інституту ОДАБА (Одеса).

Редакційна колегія:

Головний редактор: Андрійчук О.В. - к.т.н., проф., декан факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ

Заступники головного редактора: Ужегова О.А. - к.т.н., доц., завідувач кафедри БЦІ ЛНТУ
Синій С.В. - к.т.н., доц. кафедри БЦІ ЛНТУ

Верешко О.В. – к.т.н., доц. кафедри БЦІ ЛНТУ

Члени редакційної колегії:

Біскуп П.І., доц. кафедри БЦІ;
Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. кафедри БЦІ;
Дробишинець С.Я., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Задорожнікова І.В., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Льчук Н.І., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Кислюк Д.Я., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Мельник Ю.А., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Парфентьева І.О., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Пасічник Р.В., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Пахолок О.А., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Процюк В.О., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Ротко С.В., к.т.н., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Самчук В.П., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Смаль М.В., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Сунак П.О., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Талах Л.О., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Чапюк О.С., к.т.н., доц. кафедри БЦІ;
Шимчук О.П., к.т.н., доц. кафедри БЦІ.
Ясюк І. М., к.т.н., доц. кафедри БЦІ.

Відповідальний за випуск: Ужегова О.А. - к.т.н., доц., завідувач кафедри БЦІ ЛНТУ

СЕКЦІЯ 1

**Теорія і практика містобудування, урбаністики.
Інноваційні аспекти розвитку міського будівництва**

УДК 72.01

Modern architecture of educational centers in the structure of architectural development in Morocco

Сучасна архітектура освітніх центрів в структурі архітектурної забудови Марокко

L. S. Martyshova, PhD in Architecture, Associate Professor, (National University of Municipal Economy, Kharkiv), A. Sekri, Student of master level, (National University of Municipal Economy, Kharkiv)

Л. С. Мартишова, канд. архіт., доцент, (Національний університет міського господарства, м. Харків), А. Секрі, студент рівня магістр, (Національний університет міського господарства, м. Харків)

The main characteristics of the formation of architectural structures in Morocco on the border of historical traditional construction and modernity are considered. Particular attention is paid to the fact that it is the combination of cultural traditions with modern requirements and development features, as well as taking into account the rapid dynamics of changes both in society and in the architectural sphere, that makes the architectural objects of educational centers in Morocco comfortable, aesthetically and investment-attractive.

Розглянуто основні характеристики формування архітектурних споруд в Марокко на межі історичної традиційної побудови та сучасності. Особливу увагу приділено тому, що саме поєднання культурних традицій з сучасними вимогами та особливостями розвитку, а також з огляду на швидку динаміку змін як у суспільстві, так і в архітектурній сфері, робить архітектурні об'єкти освітніх центрів в Марокко комфортними, естетично та інвестиційно привабливими.

Morocco is a country with a unique history that has absorbed an incredible number of unique elements, combining them into unforgettable compositions of ensembles, complexes of buildings, and amazing street structures that, through narrow labyrinths, force a person to plunge into the world of traditions and cultural identity. At the same time, its architecture surprises with its modern buildings, ensembles and building complexes.

Located at a peculiar crossroads of the Arab East and the Western Mediterranean, the country's cultural traditions "absorbed" various artistic forms of Arab-Muslim art, finding them a worthy place and unusual interpretation in the construction of architectural objects. The complex combination of Spanish and Moorish with the addition of Arabic, supported by the wealth of European colonialists, created incredibly spectacular architectural compositions in the structure

of the development of Moroccan cities and formed structures unusual in terms of functional load, combining what seemed impossible to combine.

The features of the formation of Moroccan architecture are considered to be primarily a combination of a hot climate and the traditional religious basis of society. Traditional motifs are the result of cultural mixing, which is manifested both in planning, focused on traditional spatial elements, which are the result of the peculiarities of everyday life and activity, and in the use of characteristic constructive elements that create the necessary conditions for functioning, according to traditions and the latest requirements of users.

Traditional buildings are increasingly combining modern functions in their structure, trying to meet growing user demands and economic efficiency at the expense of comfort, environmental friendliness, and an aesthetically appealing appearance that attracts the attention of tourists and investors. This is how multifunctional complexes appear with a combination of the most incredible functions and unique structural elements. However, there are buildings that, while remaining traditional in essence, become the most modern and comfortable, due to the careful gradual introduction of the latest techniques and technologies. For example, traditional madrasahs were centers for the study of languages, law, philosophy, astronomy, as well as schools of religious teachings, forming a center of science and education in the structure of the city. So modern campuses are the embodiment of all possible modern ideas in the traditional conditions of an Islamic country.

Traditionally, architectural and spatial solutions of student housing buildings can be formed in a variety of structures, compositions and aesthetic images, but are built on the basis of harmony with the natural environment and unity with the surrounding architectural and urban environment. A campus is a dynamically developing structure. In this regard, the compositional solution must be flexible and, at the same time, complete at each stage of its functioning. All elements of the campus must be logically connected into a single organism. The integrity of the complex is achieved through a clear organization of space, justified and clear compositional, functional and visual relationships of its elements and parts, the establishment of a spatial hierarchy of forms and the logic of spatial formation of the volume structure.

The architectural composition of a student campus (campus) is largely determined by the architectural and urban planning situation and the nature of the landscape and natural environment. Therefore, in the conditions of Morocco, it should recreate the comfort of a traditional madrasah with modern spaces for learning, recreation and an active lifestyle. However, the scale of the volume, functional specificity and social "nature" of the building allow it to be compositionally and structurally distinguished from the system of the surrounding space, without forgetting about the figurative adaptability to it. The variety of compositional architectural and urban planning forms can be reduced to four general types, based on a rational planning organization.

УДК 72.01 + 725.8

Architectural Methods of Forming Modern Wellness and Recreation Complexes in Morocco

Архітектурні методи формування сучасних оздоровчих та рекреаційних комплексів у Марокко

Achraf Sekri, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Ашраф Секрі, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Дослідження розглядає сучасні архітектурні стратегії, що використовуються в проектуванні та реалізації оздоровчих та рекреаційних комплексів у Марокко. З огляду на зростання попиту на громадські середовища, орієнтовані на здоров'я, у ньому розглядається, як просторове планування, принципи сталого розвитку та місцева культурна інтеграція визначають формування таких об'єктів.

This study explores contemporary architectural strategies used in the design and implementation of wellness and recreational complexes in Morocco. With rising demand for health-oriented public environments, it examines how spatial planning, sustainability principles, and local cultural integration are shaping the formation of such facilities.

Modern Moroccan society is increasingly aware of the need for spaces that promote well-being, mental health, and physical activity [1]. The evolution of architectural thinking has shifted toward designing environments that blend recreation with holistic health and sustainability [2]. Wellness and recreation complexes have emerged as vital urban components, especially in fast-growing cities like Casablanca, Marrakech, and Rabat [3].

Despite growing interest, there remains a gap in cohesive architectural frameworks dedicated to wellness-focused spaces in Morocco [4]. Many facilities lack climatic integration, cultural relevance, or functional adaptability [5]. This thesis seeks to address these shortcomings through analytical and comparative design studies.

The main objective of this study is to explore and define architectural methods suitable for forming modern wellness and recreation complexes in Morocco, with a focus on cultural identity, sustainability, and user-centered spatial design. Specifically, the study aims to investigate how Moroccan climatic conditions, urban growth, and traditional architectural elements can be harmonized with contemporary wellness needs. Another core objective is to analyze existing wellness and recreational facilities in Morocco such as Les Thermes de Moulay Yacoub and Vichy Célestins Bouznika to

extract practical insights, evaluate spatial organization, and assess how well these facilities meet user expectations. The study also seeks to compare Moroccan cases with international benchmarks, identifying both gaps and opportunities. Additionally, the study aspires to contribute to the broader discourse on sustainable urban development by positioning wellness architecture as a catalyst for healthier, more cohesive urban environments [6]. The research relies on qualitative analysis, case studies of existing Moroccan complexes (e.g., Les Thermes de Moulay Yacoub, Vichy Célestins Bouznika) [5], and comparative observation with international best practices. Data were gathered through site visits, architectural documentation, and interviews with local professionals.

The study reveals that architectural methods employed in the design of modern wellness and recreation complexes in Morocco are gradually shifting toward a more integrated, sustainable, and culturally resonant approach. One of the key findings is the increasing use of bioclimatic strategies such as passive cooling, natural ventilation, and the orientation of buildings to maximize thermal comfort reflecting a deeper awareness of Morocco's diverse climatic zones. Additionally, many projects incorporate traditional spatial elements like riads, hammams, and interior courtyards, reimagined in modern forms that balance privacy, aesthetics, and environmental responsiveness. The spatial organization in successful complexes emphasizes seamless indoor-outdoor transitions, zoning of wellness activities, and user-centric circulation. Furthermore, materials selection often leans toward local and eco-friendly options, promoting both sustainability and economic feasibility [2]. The study also highlights the importance of community involvement and cultural symbolism in shaping user experience, which not only enhances the functionality of such complexes but also strengthens their identity within the urban and rural Moroccan fabric. Overall, these findings demonstrate that modern wellness architecture in Morocco is evolving into a hybrid model that respects heritage while addressing contemporary well-being and environmental challenges [4].

Therefore, architectural methods for forming wellness and recreational spaces in Morocco are evolving toward a synthesis of traditional aesthetics, sustainable technology, and contemporary lifestyles [6]. These complexes can play a transformative role in enhancing public health, tourism, and urban cohesion [1].

1. Bennani, L. (2022). *Contemporary Moroccan Architecture*. Casablanca University Press. 2. El Kholti, K. (2021). "Reimagining Hammams in Modern Urban Design." *Journal of Islamic Architecture*, Vol. 9(2). 3. United Nations (2015). *Sustainable Development Goals Report*. 4. El Mejjad, S. (2023). *Sustainable Tourism and Wellness in North Africa*. Rabat: INAU. 5. Vichy Spa International, Bouznika. *Project Report* (2020). 6. Salama, A. (2018). *Environmental Design and Well-being in Arab Cities*. Routledge.

УДК 711.4:69:502.131.1

Дослідження інфраструктурного будівництва в контексті сталого розвитку

Research on infrastructure construction in the context of sustainable development

В. І. Анін, д.е.н., професор (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), Д. О. Фосташенко, аспірант (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)

V. I. Anin, Doctor of Economics, Professor (Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia), D. O. Fostashchenko, postgraduate student (Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia)

У тезах проаналізовано особливості інфраструктурного будівництва в контексті сталого розвитку. Обґрунтовано, що застосування системного підходу до оптимізації організаційно-технологічних процесів у цій галузі дає змогу розглядати всі елементи процесу як цілісну взаємопов'язану систему, що забезпечує підвищення ефективності, скорочення витрат і покращення якості реалізації інфраструктурних проєктів.

The abstracts consider research into infrastructure construction in the context of sustainable development. It has been proven that a systemic approach to optimizing organizational and technological processes in the field of infrastructure construction is a concept that involves considering all aspects of the process as a single interconnected system to increase efficiency, reduce costs, and improve the quality of infrastructure projects.

Інфраструктурне будівництво є однією з ключових галузей, що забезпечують сталий розвиток, підвищення рівня життя населення та конкурентоспроможність держави [1]. Однак в українських реаліях інфраструктурне будівництво є відносно новим явищем, що тільки починає набувати системного характеру та масштабного впровадження [2].

В умовах сучасних викликів – зокрема, потреби у відновленні зруйнованих об'єктів, інтеграції до європейських транспортних коридорів, децентралізації та зростання урбанізації – питання ефективного організаційно-технологічного забезпечення інфраструктурного будівництва стало надзвичайно актуальним.

Одним із ключових елементів успішної реалізації інфраструктурного будівництва є комплексне планування та координація організаційно-технологічних процесів з урахуванням взаємозв'язку між усіма стадіями життєвого циклу проєкту – від проєктування та підготовки будівельного

майданчика до виконання будівельно-монтажних робіт і подальшої експлуатації об'єкта. Це передбачає інтеграцію сучасних методів управління, цифрових технологій, ресурсного моделювання та інженерного аналізу для досягнення максимальної ефективності та надійності реалізації проєктів.

У контексті стрімкого зростання складності інфраструктурних об'єктів [3], обмежених ресурсів та високих вимог до якості і термінів виконання робіт, виникає потреба у застосуванні системного підходу як методологічної основи для оптимізації процесів планування, проєктування, реалізації та контролю в будівництві. Таке обґрунтування дозволяє сформувати нові принципи організації праці, логістики, ресурсного забезпечення та управління ризиками, що сприятиме підвищенню ефективності реалізації інфраструктурного будівництва у сучасних умовах.

Традиційні методи організації будівництва часто не враховують багатофакторний характер взаємодії елементів інфраструктурних систем, що призводить до зниження ефективності, збільшення витрат і порушення термінів виконання робіт. У цьому контексті системний підхід відкриває нові можливості для комплексного аналізу, моделювання та оптимізації організаційно-технологічних процесів та дозволяє розглядати будівництво як динамічну, взаємопов'язану систему. Застосування системного підходу сприяє підвищенню узгодженості між учасниками проєкту, оптимальному використанню ресурсів, мінімізації ризиків та забезпеченню високої якості реалізації інфраструктурного будівництва.

Системний підхід для оптимізації організаційно-технологічних процесів у сфері інфраструктурного будівництва – це концепція, яка передбачає розгляд усіх аспектів процесу як єдиної взаємопов'язаної системи для підвищення ефективності, зниження витрат та покращення якості інфраструктурних проєктів. Він включає аналіз взаємозв'язків між плануванням, проєктуванням, будівництвом та експлуатацією, а також впровадження сучасних технологій, управління ризиками та постійне вдосконалення будівельних процесів.

1. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. (2017). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf
2. Аналітичний модуль порталу «Прозора інфраструктура» <https://mindev.gov.ua/news/31042-analichnii-modul-portalu-prozora-infrastruktura-dozvolit-koznomu-ukrayinciu-provoditi-monitoring-doroznyoyi-galuzi-onlain-volodimir-omelian>
3. Крамський С. О. (2025). Управління інфраструктурними проєктами та програмами проєктно-орієнтованих організацій в турбулентних умовах / С. О. Крамський, О. В. Дарушин // Грааль науки. 2025. № 53 : за матеріалами 9 Міжнар. наук.-практ. конф. «Globalization of scientific knowledge: international cooperation and integration of sciences» (Вінниця–Відень, 20 черв. 2025 р.). С. 337–343. <https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/00314cdb-7d1f-42e3-bcf2-e76990004327/content>

УДК 72.01

Перспективні тенденції розвитку архітектури торговельно-розважальних центрів

Promising trends in the evolution of the architecture of shopping and retail centers

Белінський Є.А, магістр, к. арх., доц. Дудка О.М, ст. викл.
Сільвестрова Н.П. (Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова)

Belinskii Y.A, master's degree, assist. prof. Dudka O.M, senior lecturer
Silvestrova N.P. (O.M. Beketov National University of Urban Economy in
Kharkiv)

Розглядаються перспективні тенденції розвитку архітектури сучасних торговельно-розважальних центрів, визначаються їх особливості, специфіка, просторова структура, планувальні схеми та їх роль і місце в структурі міського середовища.

The prospective trends in the development of the architecture of modern shopping and entertainment centers are considered, their features, specific characteristics, spatial structure, planning schemes, as well as their role and place in the structure of the urban environment are defined.

Дана тематика роботи сьогодні є актуальною у зв'язку з тим що торговельно-розважальні центри залишаються важливими елементами міського середовища, попри стрімкий розвиток онлайн торгівлі та зміну споживчих звичок населення [1]. Завдяки своїй мультифункціональності, комплексності послуг і створенню комфортного середовища для відпочинку такі розвинені ТРЦ стають міськими акцентами та магнітами тяжіння.

Згідно статі Flame Analytics [2] «Виклики та тенденції для торгових центрів у 2024 році», омніканальність перетворюється на стандарт функціонування ТРЦ. Торгові центри інтегрують фізичний і цифровий простір, забезпечуючи споживачеві зручність як під час онлайн покупок, так і при відвідуванні об'єкта особисто. Із цього витікає поняття **гібридизації функцій**, що полягає у поєднанні різних сценаріїв використання простору. Така гібридизація проявляється у взаємодії комерційних, соціальних та культурних елементів: магазини поєднуються з коворкінгами, кінотеатри з виставковими зонами, а фудкорті з відкритими просторами відпочинку. Прикладами є Bedok Mall у Сингапурі, Lulus Town у Румунії та Omaxe World Street в Індії, де всі такі тенденції об'єднані в один єдиний простір.

Паралельно з цим розвивається **цифрова адаптація**, що забезпечує зручність функціонування будівель ТРЦ. Активно використовуються якісні автоматизовані системи клімат-контролю, розумне освітлення, інтерактивна навігація, сенсорні панелі та аналітичні інструменти, що значно покращує торговий сервіс і дозволяє відстежувати потоки відвідувачів.

Не менш важливою тенденцією є **екологічний підхід**. Його головна мета – мінімізувати шкоду для довкілля, не порушуючи при цьому комфорт відвідувачів і економічну ефективність. Основними принципами при цьому є зниження енергоспоживання за рахунок розумного LED освітлення, котре реагує на присутність відвідувача та вмикає освітлення лише за потреби.

Особливої уваги потребує переробка та повторне використання матеріалів, інтеграція зелених просторів, ефективне використання природних ресурсів, скорочення викидів CO₂ тощо. Всі вище перелічені екологічні аспекти і впровадження реалізуються наступним чином: система збору дощової води, [3] регулює раціональне використання водних ресурсів. Атріум [4] в денний час економить електроенергію завдяки природньому освітленню, також для економії електроенергії використовуються сонячні панелі [5], (Рис.1).



Рисунок 1. Приклад впровадження екологічності в структуру ТРЦ

Узагальнюючи, можна стверджувати що сучасні ТРЦ поступово перетворюються з торгових місць повсякденного споживання на багатофункціональні простори з акцентом на соціокультурні взаємодії. Вони формують нове, комфортне та збалансоване середовище, де поєднуються комерційна, соціальна й екологічна активності.

1.Вьоник А.С., Кузьменко Т.Ю. (2023). Сучасні тенденції формування торговельно-розважальних центрів. *Матеріали науково-практичної конференції Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.* <https://tinyurl.com/repositore> 2.Flame Analytics. (2024). *Виклики та тенденції для торгових центрів у 2024 році: аналітика Flame Analytics.* Retail Association of Ukraine (RAU.ua). <https://rau.ua/novyini/vikliki-2024-flame-analytics/> 3.Systemy wykorzystania wody deszczowej I roztopowej, (2023). *Budujemy Dom – Instalacje woda I kanalizacja.* <https://budujemydom.pl/instalacje/woda-i-kanalizacja/aktualnosci/93502-systemy-wykorzystania-wody-deszczowej-i-roztopowej> 4.What are the benefits of carbon accounting for managing climate-related issues? (2024). <https://www.linkedin.com/pulse/what-benefits-carbon-accounting-managing-climate-related-1c> 5.BKA Energy. (2024). *Sustainable architectural projects and energy-efficient solutions.* <https://bka-energy.com/projects/>

УДК 625.76:658.15

Перспективи державно-приватного партнерства в дорожній галузі

Prospects for public-private partnership in the road industry

Догадайло Я.В., к.е.н., доцент (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків), Догадайло О.О., к.т.н., доцент (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)

Dohadailo Ya.V., Ph.D. in Economic Sciences (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv), Dohadailo O.O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)

Обґрунтована доцільність використання в дорожній галузі як перспективну концесійну форму державно-приватного партнерства.

The feasibility of using in the road industry as a promising concession form of public-private partnership is substantiated.

Насьогодні концепція сталого розвитку виступає парадигмою розвитку сучасного суспільства. Вона передбачає виконання всіма країнами світу сімнадцяти глобальних Цілей Стійкого Розвитку (ЦСР), що охоплюють три аспекти сталого розвитку: соціальний, економічний та екологічний, а також аспекти, пов'язані зі світом, правосуддям та ефективними інститутами [1,2]. Мережа автомобільних доріг є основною складовою інфраструктури кожної держави як основної передумови економічного зростання і підвищення добробуту населення. З початку з початку повномасштабної війни в Україні було зруйновано 305 штучних споруд та 24 000 км автомобільних доріг потрібно розчистити, відремонтувати або взагалі відбудувати [3]. Окрім цього ще до воєного стану сучасна дорожня інфраструктура не відповідала потребам економіки, основні фонди галузі були значно застарілі, спостерігалось неефективне використання потужностей і ресурсів, низький рівень менеджменту та корупція. Більшість країн світу, шукаючи найкращі механізми вирішення подібних проблем, переконалися що найефективнішим методом є впровадження приватно-державного партнерства, яке дає змогу отримати інвестиції, знизити виробничі витрати, отримувати бюджетні видатки, розподілити ризики, а також підвищити якість автомобільних доріг та досягти доступності послуг. Розрізняють три основні форми приватно-державного партнерства [4-6]: лізингові (орендні); концесійні та приватизаційні. Застосування різних форм державно-приватного партнерства є одним шляхів реалізації 17-тої ЦСР «Партнерство заради досягнення цілей» [1,2], тобто

відповідає парадигмі розвитку сучасного суспільства. Сутність партнерства заради досягнення цілей полягає у «зміцненні засобів здійснення й активізація роботи в рамках глобального партнерства в інтересах сталого розвитку» [2].

Розглянувши Закон України «Про державно-приватне партнерство» [5] та особливості виконання робіт в дорожньому господарстві дослідники приєднуються до вчених [4,6], які вважають, що оптимальним та раціональним для України є вибір концесійної форми здійснення державно-приватного партнерства у дорожній галузі. Передусім тому, що держава повинна зберегти за собою право власника доріг, замовника і виконувати функції регулятора та контролера за діяльністю приватного сектора, а також проекти такої галузі масштабні і довгострокові, ефективні, суспільно необхідні, потребують значного фінансування, до того ж зрозумілою є схема повернення вкладених коштів. Для забезпечення гарантованого обсягу державного фінансування інвестиційних витрат на будівництво дорожніх об'єктів одночасно з залученням приватного капіталу в якості моделей автодорожньої концесії в Україні обрано дві моделі: «Будівництво-Експлуатація-Передача» та «Реконструкція-Експлуатація-Передача». В подальшому для адаптації стратегії залучення приватного капіталу до мінливих умов, особливо в контексті післявоєнного відновлення та подальшого розвитку України, планується розглянути доцільність використання різних форм державно-приватного партнерства у дорожній галузі України в розбивці за різними часовими періодами.

1. 17 Goals to Transform Our World. *Sustainable Development Goals* : Web site. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> (Last accessed: 20.10.2025). 2. Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ від 30 вер. 2019 р. №722. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 20.10.2025). 3. Дороги мають бути відновлені коштом заморожених активів рф. *Укрінформ* : веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3509005-dorogi-maut-buti-vidnovleni-kostom-zamorozhenih-aktiviv-rf-ukravtodor.html> (дата звернення: 20.10.2025). 4. Жулин О.В. Тарифікація послуг за проїзд платними дорогами України: дис. ... канд. ек. наук : 08.00.04 / Націон. трансп. ун-т. Київ, 2009. 219 с. 5. Про Державно-приватне партнерство : Закон України від 01 лип. 2010 р. № 2404-VI URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2404-17#Text> (дата звернення: 27.10.2025). 6. Юрченко А.С. Економічне обґрунтування концесій у дорожньому будівництві : дис. ... д-ра філософії : 051 / Націон. трансп. ун-т. Київ, 2021. 205 с. URL: http://diser.ntu.edu.ua/Dis_Yurchenko.pdf (дата звернення: 27.10.2025).

УДК 72.01

**Значення місця автовокзалу в структурі міського середовища
(на прикладі м. Чугуїв)**

**The significance of the bus station location in the structure of the urban
environment (case study: Chuhuiv)**

С. В. Зацепя, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проєктування, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

S. V. Zatsepa, Master's Degree Applicant, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), I. V. Kudryashova, Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Department of Fundamentals of Architectural Design, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

У статті розглядається роль автовокзалу як структурного елемента міського середовища, що формує транспортно-планувальний каркас населеного пункту та впливає на розвиток прилеглих територій. На прикладі м. Чугуїв проаналізовано взаємозв'язок автовокзалу з історичною забудовою, ландшафтними особливостями та функціональними зонами міста. Визначено архітектурно-планувальні принципи інтеграції транспортної інфраструктури в міську структуру з урахуванням сучасних вимог до мобільності, комфорту та естетики середовища.

The paper examines the role of the bus station as a key structural element within the urban environment, shaping the transport and spatial framework of the city and influencing the development of adjacent territories. Using the city of Chuhuiv as a case study, the research analyzes the relationship between the bus station, historical urban fabric, and landscape features. It defines architectural and planning principles for integrating transport infrastructure into the urban context in accordance with modern requirements for mobility, comfort, and environmental aesthetics.

Автовокзал є не лише транспортним вузлом, а й соціальним та просторовим центром взаємодії людей, транспорту й архітектури. Його розташування визначає рівень зручності міжміських зв'язків, туристичну привабливість міста та якість громадського простору навколо.

У містобудівній структурі Чугуєва автовокзал виконує важливу роль сполучної ланки між історичним центром, житловими районами та магістральними напрямками Харків – Куп'янськ – Ізюм. Його місце розташування на перетині транспортних потоків забезпечує ефективну логістику, але водночас потребує архітектурно-ландшафтного осмислення для створення комфортного середовища.

Основні аспекти значення автовокзалу:

- Транспортно-комунікаційний. Формування зручного пересадочного вузла для пасажирів, з урахуванням пішохідних і велосипедних маршрутів.
- Містобудівний. Вплив на функціональне зонування прилеглих територій і стимулювання розвитку комерційних функцій (торгівлі, сервісу, громадського харчування).
- Архітектурно-ландшафтний. Інтеграція транспортного об'єкта у природне та історичне середовище через пластичне планування, озеленення й благоустроїв.
- Соціокультурний. Створення публічного простору, який поєднує мобільність із людяністю міського простору, перетворюючи вокзал на «ворота міста».

Сучасні тенденції в проектуванні транспортних об'єктів передбачають мультифункціональність, сталий дизайн та орієнтацію на досвід користувача. Для невеликих історичних міст, таких як Чугуїв, важливо забезпечити баланс між ефективністю транспортної інфраструктури та збереженням культурного ландшафту.

Місце автовокзалу у структурі міського середовища визначає не лише його транспортну функцію, а й містобудівну роль у формуванні міського іміджу, зручності пересування та соціальної динаміки. Інтеграція автовокзалу в історичний контекст Чугуєва має спиратися на принципи сталого розвитку, архітектурно-ландшафтної гармонії та людиноорієнтованого дизайну.

1.Romaniak, V. (2024). Redesigning Bus Station Concepts: Bus-Stations in Ukraine. Master's Thesis, Ukrainian Catholic University, Lviv. <https://er.ucu.edu.ua/bitstreams/c601f37c-767e-45fa-beb6-55e5367038ba/download> 2.Chuhuyv City Council. (2018). Strategiya rozvytku mista Chuhuyv na 2018–2028 roky [City Development Strategy of Chuhuyv for 2018–2028]. <https://misto-em.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/Strategiya.pdf> 3.Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. (2024). Programa kompleksnoho vidnovlennia terytorii. Heneralnyi plan m. Chuhuyv [Comprehensive Restoration Program. General Plan of Chuhuyv]. <https://e-construction.gov.ua/files/restoration/2024-11-12/2e4851c9-5436-4b61-be94-22b330396a2b.pdf>

УДК: 711.4

Аддитивні технології в BIM-моделюванні

Additive technologies in BIM modeling

В. Б. Захарчук, аспірант, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, В.С. Здреник, к.е.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

V. B. Zakharchuk, postgraduate student, O. P. Zakharchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, V. S. Zdrenik, Ph.D. in Economics, Associate Professor (Western Ukrainian National University, Ternopil)

У тезах проаналізовано застосування аддитивних технологій (3D-друк) у процесі BIM-моделювання: від цифрової інтеграції проектних даних до виготовлення прототипів і елементів конструкцій. Розглянуто переваги, технологічні й нормативні виклики та перспективи інтеграції у житлово-громадське будівництво й інфраструктуру.

The abstracts analyzes the use of additive technologies (3D printing) in BIM modeling processes: from digital integration of design data to the production of prototypes and structural elements. The advantages, technological and regulatory challenges, and prospects for integration into housing and public construction and infrastructure are considered.

Аддитивні технології, відомі також як 3D-друк або additive manufacturing (AM), поступово змінюють підходи до проєктування та будівництва, створюючи умови для глибокої цифровізації галузі. У поєднанні з технологією Building Information Modelling (BIM) вони формують єдиний цифровий ланцюг, який охоплює всі етапи життєвого циклу об'єкта – від створення проєкту до виготовлення, монтажу та експлуатації конструктивних елементів.

Метою дослідження є аналіз процесів інтеграції аддитивного виробництва в BIM-моделювання, виявлення його переваг і недоліків, а також окреслення основних напрямів розвитку.

Аддитивні технології, або 3D-друк, ґрунтуються на принципі пошарового нанесення матеріалу для формування тривимірних об'єктів. У будівництві ці технології дають змогу виготовляти як окремі елементи, так і цілі споруди. Завдяки BIM-моделям формується точна цифрова база, з якої безпосередньо генерується код для 3D-принтера.

Інтеграція BIM із 3D-друком дозволяє оптимізувати проєктні рішення, зменшити кількість помилок і скоротити витрати матеріалів. Наприклад, при моделюванні складних форм конструкцій система автоматично визначає оптимальну орієнтацію друку та мінімізує кількість підтримок. Це особливо

актуально для бетонного друку, що активно розвивається у провідних країнах світу [1-4].

Згідно з дослідженнями Ngo ([Non-Governmental Organization](#)) [3], основні переваги адитивних технологій у будівництві полягають у підвищенні точності, зниженні трудомісткості та екологічному ефекті завдяки зменшенню відходів. Інші автори (García-Alvarado) [4] підкреслюють, що BIM виступає центральною платформою для координації всіх етапів – від параметричного проектування до контролю якості друку.

У практиці реалізації BIM-моделі можуть експортуватися у формати, сумісні з програмним забезпеченням 3D-принтерів (наприклад, STL, OBJ), що забезпечує автоматизований зв'язок між цифровим і фізичним середовищами [4]. Це відкриває перспективи для створення модульних будівель, у яких усі елементи попередньо оптимізуються у BIM-середовищі.

Водночас впровадження цих технологій супроводжується певними викликами – стандартизацією форматів, адаптацією матеріалів до друку та потребою у фахівцях, які володіють міждисциплінарними знаннями у сфері цифрового будівництва.

Таким чином, поєднання BIM-моделювання й адитивних технологій створює новий рівень автоматизації будівництва, забезпечуючи точність, швидкість і гнучкість виробничих процесів. Надалі розвиток цього напрямку сприятиме формуванню повністю цифрового циклу – «від моделі до об'єкта». Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку єдиних стандартів інтеграції BIM і 3D-друку та підготовку спеціалістів нового покоління.

1. Синій С.В., Крантовська О.М., Ксьоншкевич Л.М., Ксьоншкевич А.С., Сунак П.О. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень об'єктів будівництва. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 198-206. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-21) . 2. Синій С.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М., Крантовський І.О., Орешкович М. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) . 3. Ngo T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K. T. Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 2018, 143, 172–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012> . 4. García-Alvarado R., Soza P., Moroni G., Pedreros F., Avendaño M., Banda P., Berríos C. From BIM model to 3D construction printing: A framework proposal. *Frontiers of Architectural Research*, 2024, 13(4), 912-927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.03.002> .

УДК: 711.4

Ресурсозберігаючі транспортні технології як пріоритет розвитку сучасного містобудування

Resource-saving transport technologies as a priority for the development of modern urban planning

В. Б. Захарчук, аспірант, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, В.С. Здреник, к.е.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

V. B. Zakharchuk, postgraduate student, O. P. Zakharchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, V. S. Zdrenik, Ph.D. in Economics, Associate Professor (Western Ukrainian National University, Ternopil)

У тезах розглянуто роль ресурсозберігаючих транспортних технологій у формуванні сталого містобудівного середовища. Визначено основні напрями енергоефективної модернізації транспорту та перспективи інтеграції принципів екологічної мобільності у стратегії розвитку сучасних міст.

The abstracts examine the role of resource-saving transport technologies in the formation of a sustainable urban environment. The main directions of energy-efficient transport modernization and the prospects for integrating the principles of ecological mobility into the development strategy of modern cities are identified.

Сучасне містобудування перебуває на етапі глибокої трансформації, що зумовлена швидким зростанням урбанізації, екологічними викликами та потребою в раціональному використанні енергії [1-5]. Транспортна система є одним із головних чинників, що формують структуру міста, впливають на якість повітря, рівень шуму, мобільність населення й споживання енергоресурсів. Традиційні транспортні рішення, засновані на використанні двигунів внутрішнього згоряння, уже не відповідають вимогам сталого розвитку [1]. Тому впровадження ресурсозберігаючих технологій у транспортній галузі стає пріоритетом містобудівної політики.

Ресурсозберігаючі транспортні технології спрямовані на зменшення споживання енергії, підвищення ефективності руху та зниження рівня забруднення довкілля. До них належать електротранспорт, гібридні системи, транспорт на водневому чи біопаливі, а також використання технологій рекуперації енергії під час гальмування. Важливим напрямом є застосування інтелектуальних транспортних систем, які забезпечують оптимізацію руху, зменшують затори та витрати пального. Такі рішення дозволяють містам одночасно підвищити мобільність та екологічну безпеку [2].

Інтеграція енергоефективного транспорту у містобудівне середовище передбачає створення системи, де всі види пересування – громадський транспорт, автомобілі, велосипеди й пішохідні маршрути – взаємодіють гармонійно. Розвиток електробусних маршрутів, мереж зарядних станцій, пішохідних і велосипедних зон сприяє скороченню транспортного навантаження та підвищенню якості міського простору. Важливе значення має впровадження концепції «розумного міста», у межах якої транспортна інфраструктура управляється за допомогою цифрових технологій моніторингу, аналізу трафіку та регулювання енергоспоживання.

Значну роль у плануванні ресурсозберігаючої транспортної інфраструктури відіграють цифрові методи проєктування, зокрема технології BIM і GIS. Вони дають змогу створювати інтегровані моделі міського середовища, прогнозувати транспортні потоки, оцінювати викиди шкідливих речовин і енергоспоживання ще на стадії проєктування. Таким чином, цифрові інструменти стають ключем до поєднання інженерної точності та екологічної ефективності.

Перспективи розвитку ресурсозберігаючого транспорту пов'язані з переходом до систем «зеленої» мобільності, які базуються на використанні відновлюваних джерел енергії та автономних транспортних засобів. [3] Особливу увагу слід приділяти нормативному забезпеченню сталого транспортного планування, розвитку інфраструктури для електромобілів і підвищенню енергоефективності громадського транспорту.

Ресурсозберігаючі технології в транспорті формують нову парадигму розвитку містобудування. Вони забезпечують скорочення енергоспоживання, мінімізацію негативного впливу транспорту на довкілля та підвищення комфорту життя населення. Інтеграція таких рішень у стратегії розвитку міст є ключовою умовою створення екологічно збалансованого, ефективного та стійкого міського середовища.

1. Kraus L., Proff H. Sustainable Urban Transportation Criteria and Measurement – A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 2021, 13, 7113. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13137113> .
2. Mavlutova I., Atstaja D., Grasis J., Kuzmina J., Uvarova I., Roga D. Urban Transportation Concept and Sustainable Urban Mobility in Smart Cities: A Review. *Energies*, 2023, 16(8), 3585. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16083585> .
3. Roman M. Sustainable Transport: A State-of-the-Art Literature Review. *Energies*, 2022, 15, 8997. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15238997> .
4. Craglia M., Cullen J. Do vehicle efficiency improvements lead to energy savings? The rebound effect in Great Britain. *Energy Economics*, 2020, 88, 104775. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104775> .
5. Yavorskaya V., Rydlewski M., Skupień E. Smart City Tools Supporting Sustainable Transport in Wrocław. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2024, 1257. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81777-9_1 .

УДК: 711.4

BIM + III у містобудуванні: можливості, приклади застосування та виклики

BIM + AI in urban planning: opportunities, application examples and challenges

О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, М. В. Буряк, к.т.н., доцент, О.С. Шевчук, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

O. P. Zakharchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, M.V. Buryak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O. S. Shevchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Western Ukrainian National University, Ternopil)

Авторами коротко описано основні напрями застосування III у BIM-процесах проектування міст, приклади реальних підходів (генеративний дизайн, scan-to-BIM, аналітика для цифрових двійників), ключові технічні й організаційні виклики, а також практичні рекомендації щодо впровадження цих технологій у практику містобудування.

The authors briefly describe the main areas of application of AI in BIM processes of urban design, examples of real approaches (generative design, scan-to-BIM, analytics for digital twins), key technical and organizational challenges, as well as practical recommendations for implementing these technologies in urban planning practice.

На сьогоднішній день BIM (Building Information Modeling) є комплексною цифровою моделлю об'єкта, яка містить не лише геометрію, а й дані про властивості, матеріали, калькуляцію вартості та інформацію щодо експлуатації. Штучний інтелект (III, англ. AI) дозволяє збільшити точність аналізу, виявляти закономірності в великих наборах даних і забезпечувати автоматизовану механічну підтримку прийняття рішень. Це стає особливо важливим для містобудування як сфери, у якій повинні приймати участь просторовий контекст, екологічні, соціальні та економічні фактори, а також великі масиви інформації, отримані з геоінформаційних систем і сенсорних мереж [1-4].

Поєднання інформаційного моделювання та інтернету речей (IoT) у містобудуванні є основою для розвитку цифрових двійників (Digital Twins), які в реальному часі відображають стан міської інфраструктури та дозволяють прогнозувати сценарії навантажень, енергоспоживання чи транспортних потоків [3]. Оцінка кліматичних параметрів властивостей матеріалів і геометрії об'єктів штучним інтелектом застосовується для аналізу енергоефективності та сталого розвитку. AI дає можливість знизити ймовірність похибок та автоматично виявляти проблеми.

Серед сучасних рішень вирізняються системи інтеграції BIM із великими мовними моделями (наприклад, GPT), що дають змогу редагувати параметричні моделі через текстові інтерфейси. У напрямі Scan-to-BIM застосовуються неймережі для класифікації хмар точок і створення точних 3D-моделей. Пілотні проекти цифрових двійників демонструють ефективність поєднання BIM, AI та сенсорних даних для моніторингу стану міської інфраструктури. Водночас залишаються проблеми: низька якість, нестандартизованість BIM-даних, неузгодженість рівнів деталізації (LOD), обмежена інтероперабельність між BIM і GIS [4], нестача відкритих наборів даних, ризики порушення конфіденційності та потреба оновлення кваліфікації фахівців. Інтеграція AI вимагає інвестицій у цифрову інфраструктуру й адаптації проектних процесів.

Для ефективного впровадження BIM + AI варто починати з невеликих проєктів для тестування процесів, програмного забезпечення та навчання команди, що допоможуть оцінити результативність і налаштувати процеси інтеграції. Потрібно інвестувати у якісні стандартизовані BIM-моделі, їх зв'язок із GIS та IoT, а також створювати команди з архітекторів, урбаністів, інженерів, аналітиків і IT-фахівців. Важливо також врегулювати етичні та правові питання використання даних і автоматизованих рішень.

Інтеграція BIM і AI змінює підходи до містобудування, відкриваючи нові можливості для проєктування, аналізу та управління міським середовищем. Ці технології підвищують ефективність процесів, скорочують витрати часу й ресурсів та сприяють сталому розвитку. Для повного розкриття їхнього потенціалу необхідні узгоджені нормативи даних, розбудова цифрової інфраструктури і навчання експертів.

1. Синій С.В., Крантовська О.М., Ксьоншкевич Л.М., Ксьоншкевич А.С., Сунак П.О. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень об'єктів будівництва. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 198-206. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-21) . 2. Синій С.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М., Крантовський І.О., Орешкович М. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) . 3. Deng M., Menassa C. C., Kamat V. R. From BIM to digital twins: a systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry. *ITcon*, 2021, 26, 58-83. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.005> . 4. Li J., Liu Z., Han G., Demian P., Osmani M. The Relationship Between Artificial Intelligence (AI) and Building Information Modeling (BIM) Technologies for Sustainable Building in the Context of Smart Cities. *Sustainability*, 2024; 16(24), 10848. <https://doi.org/10.3390/su162410848> .

УДК 711.43

Принципи та методи формування громадського центру

Principles and methods of forming a community center

Н.І. Ільчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В.Р. Кравчук, магістр, О.Ю. Поліщук, магістр (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

N.I. Ilchuk, Ph.D., Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), V.R. Kravchuk, Master, O.Yu. Polishchuk, Master (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Розглянуто основні принципи та методи формування публічного простору населених пунктів з урахуванням можливості поєднання різних видів забудови.

The main principles and methods of forming public space in settlements are considered, taking into account the possibility of combining different types of development.

Публічний простір – це соціальний простір, який є відкритим і доступним для всіх мешканців селища або міста [3, 5]. Він може існувати у вигляді громадських площ, скверів, парків, садів, озелених територій, спортивних та ігрових місць, пляжів, тощо [6, с.5].

Власне, саме поняття «публічного простору» має свої витоки з європейської традиції щодо проведення міських досліджень, для позначення прийнято використовувати термін «public space». Згідно досліджень, «public space» прийнято розглядати в трьох основних аспектах, а саме:

- як відкритий простір для відпочинку, рекреації, охорони здоров'я;
- як простір для проведення дебатів;

- як доступний та відкритий простір – це місця для різних груп осіб, які доступні для всіх і базуються на принципах соціальної свободи пересування [6].

При цьому, основними є:

- вивчення основних принципів формування та функцій «публічних просторів», тобто громадських центрів населених місць, а також можливості їх адаптації до територій об'єднаних територіальних громад;

- розробка проектів громадських центрів населених місць, які виконують з метою розвитку територіальних громад та покращення умов проживання та комунікації їх мешканців;

- вивчення усіх можливостей використання основних принципів формування «публічних просторів», громадських центрів.

Все що пов'язане з існуванням людини поза межами її власного помешкання, а саме: споживання різних товарів та послуг, щоденна комунікація – все це є публічними і відбуваються у міському або сільському публічному просторі щоденно і не залежить від категорії населено пункту [4, с.8].

Створення та утримання публічних просторів здійснюється саме для і через громадян. Вони формують і виховують вміння правильно проводити вільний час та покращують розуміння активного, соціального відпочинку мешканців населених місць [3, 6].

Основними принципами формування публічного простору громадського центру є:

доступність – зв'язок з прилеглими територіями, помітність, легка доступність для різних категорій населення. Як правило, такі простори, громадські центри, формуються при перетині великих потоків людей у фокусній зоні населеного пункту; в ньому розвинена система громадського транспорту, пішохідний зв'язок та є паркінг.

багатофункціональність – великий спектр можливих розваг, залучення різних категорій мешканців;

естетика – гармонійність духовних та естетичних потреб різних категорій відвідувачів, створення атмосфери комфорту та затишку, хороший дизайн та увага до деталей;

точка тяжіння – унікальна особливість простору – інсталяції, вуличне мистецтво, скульптури, місце проведення фестивалів та ярмарків

соціалізація – почуття приналежності до спільноти і до місця, яке сприяє видам соціальної активності [6].

Отже, активне соціальне життя, культурний розвиток та спілкування – це результат успішного публічного простору, сформованого громадського центру населеного пункту.

1. Децентралізація//Великий тлумачний словник сучасної української мови (з дод. і допов.) / Уклад. і гол. ред. В. Т. Бусел. – 5-те вид. – К. ; Ірпінь : ВТФ «Перун», 2005. – ISBN 966-569-013-2. 2. Євтушенко О. Н. Проблеми децентралізації державної влади і місцеве самоврядування в Україні /Євтушенко О. Н.// Гілея: науковий вісник: збірник наукових праць. 2009 – № 29 – С. 56-60. 3. «АРИВА УРБАН. Твори місто!» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arivaurban.net/rozdil-golovnoi-storinki/>. 4. Жулькевська О. Суспільний простір міста як об'єкт соціологічного вивчення та емпіричний референт соціальних змін /О. Жулькевська, М. Грищенко// Соціологічні студії – 2012 – №1 – С. 61-66. 5. Грищенко М. Публічний простір міста як об'єкт соціологічного дослідження / М. Грищенко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Соціологія. – 2016. – Вип. 1. – С. 31-38. 6. М. Коцюба. Публічний простір міста. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mistosite.org.ua/articles?locale=uk>

УДК 711.42

Принципи проектування готельних комплексів модульного типу

Principles of designing modular hotel complexes

Н.І. Ільчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В.Р. Кравчук, магістр, О.Ю. Поліщук, магістр (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

N.I. Ilchuk, Ph.D., Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), V.R. Kravchuk, Master, O.Yu. Polishchuk, Master (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Розглянуто особливості формування міської забудови з використанням модульних будівель. Визначено основні принципи використання різних типів контейнерів для формування просторового середовища міста.

The peculiarities of the formation of urban development using modular buildings are considered. The basic principles of using different types of containers to form the spatial environment of the city are determined.

Функціональне призначення будівель досить різне, крім житлового будівництва – це готелі, хостели, кафе, точки роздрібною торгівлі та торгові центри, адміністративні будівлі, офісні центри та багато інших будівель.

З блок-контейнерів досить легко можна зібрати різні будівлі з великими вікнами, мансардами, балконами та верандами, що робить їх незамінними при проектуванні готів та ресторанних комплексів.

Також є можливість переміщення мобільних конструкцій без демонтажу інтер'єру приміщень, а також виконати модернізацію комплексу, шляхом збільшення кількості приміщень. Готову будівлю легко переміщувати на вибрану ділянку. Універсальна конструкція дозволяє оперативного переміщувати об'єкти будь-яким доступним транспортом [1,2].

Стіна контейнера товщиною у 12 см має теплопровідність, яка відповідає стіні з цегляної кладки товщиною 1,5 м або триметровій бетонній конструкції. Багат шаровий принцип утеплення забезпечує комфортні умови в північних регіонах з холодним і вологим кліматом. Енергоєфективні комплекси дозволяють економити кошти на опалення і вентиляцію приміщень.

Об'єднуючи окремі блоки можна створювати масштабні конструкції будь-якої площі. Таким чином, існує можливість швидкого будівництва повноцінних готельних комплексів на різних територіях.

Будівництво готелів з блок-контейнерів здійснюється в короткі терміни – від тижня до місяця, тому є можливість вести будівництво протягом року; можна зробити утеплення всередині і використовувати будівлі з контейнерів в будь-яку пору року, цим самим пристосувати житло до будь-яких кліматичних умов.

Маса блоків невелика близько 2-4 тонн, тому не вимагає зміцнення фундаменту; можна зробити полегшений фундамент на блоках або палях [3,4].

Висока мобільність – це зручність перевезення контейнерів, швидке будівництво і демонтаж при необхідності.

Виконання внутрішнього оздоблення сучасними якісними матеріалами всередині модулів, а також привабливий зовнішній вигляд. Стіни таких конструкцій вертикальні, їх не треба рівняти і додатково використовувати матеріали, точна відповідність внутрішніх розмірів. Вогнезахисне покриття всередині і зовні контейнера.

Швидке і легке підключення водопостачання і електрики, а також можливість монтажу теплої підлоги. Можливість вільного компоновання і створення будь яких форм конструкцій.

Довговічність блок-контейнерів, що дозволяє продовжити термін експлуатації до 50 років [2,4].

Хоча найбільшою перевагою будівництва з використанням портових, транспортних контейнерів, вважається екологічна складова.

Контейнерна архітектура зустрічається в усьому світі і дані будівлі успішно можна використовувати в будівництві на території України. Перераховані вище переваги роблять будівлі з портових контейнерів і переобладнаних вантажних блоків, відмінним варіантом для створення сучасного комфортного житла, офісу, торгового або адміністративного центру [3].

У результаті проведеного аналізу використання портових контейнерів та вантажних блоків при проектуванні різних будівель та споруд широко використовується в різних країнах світу.

Доцільність використання обумовлюється екологічністю, енергоефективністю а також, відносно невисокою вартістю будівництва.

1. Офіційний сайт «ФУТ КОНТЕЙНЕР» – Режим доступу: <https://foot-container.ru/about/> 2. Офіційний сайт «ЕКСКОНТЕЙНЕР» – Режим доступу: https://www.excontainer.com.ua/cafe_evrokoleso/ 3. «Superdom» – Режим доступу: <https://superdom.ua/view/kafe-iz-morskih-kontejnerov.html> 4. Containex – фірма-дистрибутор контейнерів в Україні <http://www.containex.ua/uk/produkty/ofisnyj-blok-kontejner>

УДК 72.01

Сучасні підходи до проєктування поліфункціональних культурно-громадських центрів. Їхня роль в місті

Modern approaches to the design of multifunctional cultural and community centre. Their role in the city

А. Д. Кльосова, здобувачка другого(магістерського) рівня вищої освіти (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), А. С. Мартиненко, канд. арх., доц., каф. Основ архітектурного проєктування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

A. D. Klosova, Master`s Degree Applicant, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), A. S. Martynenko, PhD. In Architecture, Associate Professor, Department of Fundamentals of Architectural Design (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Розглядаються підходи, які використовуються при проєктуванні сучасного культурно-громадського центру, завдяки яким створюється багатофункціональний простір для культурної, освітньої, рекреаційної та соціальної взаємодії.

The approaches used in the design of a modern cultural and civic center are considered, thanks to which a multifunctional space for cultural, educational, recreational and social interaction is created.

Культурно-громадський центр – це не тільки місце дозвілля, це ключовий елемент міського простору, який створений задля забезпечення соціальної взаємодії, культурного розвитку та освітньої активності громади. Культурно-громадські центри виступають динамічними осередками суспільного життя, сприяють комунікації, об'єднують людей та формують культурну ідентичність міста.

Сучасний підхід проєктування орієнтований на формування гнучкого, динамічного та інклюзивного простору, що поєднують в собі різноманіття функцій. Сучасний культурно-громадський центр повинен відповідати наступним запитам – функціональність, гнучкість, мобільність, доступність, відкритість, універсальність та безпечність. Це можна досягнути використовуючи наступні підходи: гнучкість простору, мобільність, інноваційність, соціальна відкритість, сталий розвиток.

1. Формування гнучкого простору є одним з найважливіших аспектів при проєктуванні. Передбачається створення просторів, які легко можна адаптувати

під різні потреби – освітні семінари, виставки, коворкінги, зустрічі. Щоб досягти такої мети використовують модульні конструкції, меблі, мобільні перегородки.

2. Створення інклюзивного простору гарантує комфорт і доступність для всіх соціальних груп. Інклюзивні простори включають в себе безбар'єрне середовище, створення комфортного середовища для всіх верств населення, використання універсального дизайну.

3. Інноваційність – розширення можливостей культурно-громадського центру. Застосування «розумних» систем освітлення, навігації, мультимедійних технологій та просторів урізноманітнює досвід відвідувачів.

4. Соціальна відкритість є ключовим фактором створення культурно-громадського центру. Передбачається створення дружнього громадських просторів, направлених на об'єднання людей – бібліотека, кафе, коворкінг, виставкові зали, це відкриті простори, що сприяють єднанню та спілкуванню людей.

5. Принципи сталого розвитку дуже актуальні при проектуванні будь-якої типології в сьогоденні. Вони повинні враховувати енергоефективність, використовувати відновлювальні джерела, екологічні матеріали, інтеграція з природним середовищем.

6. Громадський центр є обличчям міста, його архітектурні рішення відображають історію, культуру, унікальність місця та контекст, в якому він знаходиться, уникаючи типових рішень та уніфікації.

Культурно-громадські центри є невід'ємною частиною міста завдяки своїй універсальності. Громадський центр поєднує в собі культуру, просвіту, рекреацію та соціальний напрямок. Дана типологія є інструментом діалогу та впливу між минулим та майбутнім, містом та людиною, природою та людиною.

1. Проектування культурних центрів: посібник – «U-LEAD з Європою», 2021. – 132с. 2. Community Center – Public Architecture: Exploring the Essence of Inclusive Spaces. *Rethink The Future*. https://www.re-thinkingthefuture.com/articles/community-center-public-architecture/#google_vignette.

УДК 69:658.53

Контроль і регулювання ринку земельних ділянок в Україні

Control and regulation of the land market in Ukraine

Котельчук С.Є., студент, Дзюбинська О.В., к.е.н., доцент, Смаль М.В., к.т.н., доцент, Дзюбинський А.В., к.е.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Kotelchuk S.E., student, Dziubynska O.V., Ph.D., Associate Professor, Smal M.V., Ph.D., Associate Professor, Dziubynskiy A.V., Ph.D., Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Розглянуто інструменти контролю і регулювання на ринку землі та їх особливості. Проаналізовано переваги даних інструментів та оглянуто перспективний напрям їх покращення. Проаналізовано вплив цих інструментів на ринок земельних ділянок в цілому

Considered the instruments of control and regulation in the land market. The advantages of these instruments are analyzed and promising directions for their improvement are considered. The impact of these instruments on the land market as a whole is analyzed.

Ринок земельних ділянок справедливо можна вважати найважливішим сегментом ринку нерухомості, а земельні ділянки – частини земної поверхні, з встановленими межами – фундаментальним активом, що є унікальними товаром створеним природою за мінімальної участі людини. Тому для ефективного користування таким обмеженим ресурсом необхідне існування правового поля, яке визначає відносини між учасниками ринку, їхні можливості, при цьому захищаючи інтереси держави шляхом регулювання та контролю.

Таким чином, нормативно-правовою основою для останніх є Земельний кодекс України, Закон України «Про обіг земель сільськогосподарського призначення» № 552-ІХ, Закон «Про державний земельний кадастр», Закон «Про оцінку земель» та низка інших документів, які вужче розглядають питання земель. Вони визначають порядок набуття, відчуження, оренди та зміни цільового призначення земель, встановлюють правила реєстрації прав на землю, захист земель для збереження історико-культурної спадщини, а також обмеження, спрямовані на забезпечення прозорості та запобігання монополізації земельних ресурсів.

Головним елементом контролю і регулювання землі, з яким стикаються всі учасники ринку є присвоєне цільове та функціональне призначення, характеристики землі, що регулюють її правовий режим використання. Однак

попри схожість понять вони є різними: цільове призначення відноситься до земельного законодавства, відповідно до якого землі поділяються на 9 категорій [1], в свою чергу функціональне призначення відноситься до містобудівної документації.

Існування двох понять, що регулюють використання землі, часто призводить до плутанини, коли до прикладу за цільовим призначенням на ділянці може відбуватись будівництво житлових і громадських будівель, а за функціональним призначенням – ні. Зазвичай причина такого – неузгоджена діяльність органів місцевої та державної влади. В таких випадках власник чи користувач землі несе відповідальність, насамперед, за дотримання вимог земельного законодавства і використання земельної ділянки за її цільовим призначенням. Тому саме цільове призначення фактично володіє більшою силою і значенням.

Поділ земель на категорії та види дозволяє уникати невідповідного інтересам суспільства використання земельних ділянок, такого як хаотична забудова, вирубка лісів, і забезпечувати збереження природних ресурсів та раціональний розвиток території. Крім того, цільове призначення земельної ділянки може бути змінено [2], однак в такому випадку нове цільове призначення земельної ділянки повинно співвідноситись із функціональним призначенням території. Існування чіткого поділу, разом з можливістю внесення змін убезпечує ринок від хаосу, при цьому зберігаючи певну гнучкість дій.

Наступним елементом контролю і регулювання є Державний земельний кадастр (ДЗК) – об'єднана державна цифрова система, яка містить відомості про землі, їх цільове призначення, дані про кількісну і якісну характеристику земель, межі ділянки тощо. ДЗК як інструмент дозволяє користувачам вільно отримувати інформацію про земельні ділянки, отримуючи вичерпну інформацію, що дозволяє здійснювати економічну діяльність будь-яким фізичним особам.

В свою чергу держава володіє даними про величезні території, попри їх подрібненість, що в умовах величезної території України є ефективним і просто необхідним засобом. Однак у зв'язку з дією воєнного стану, доступ до ДЗК обмежено, що роз'яснено окремою постановою Кабміну [3].

Для контролю над великими гравцями на ринку землі використовується електронна система аукціонів Prozorro. Дана система забезпечує конкурентні умови продажу державних та комунальних земель, що сприяє наповненню бюджетів територіальних громад. Приведення таких аукціонів дозволяє громадам здійснювати продажі не нижче ринкових цін, а покупцям надає рівні умови і можливості.

Існування аукціонів Prozorro захищає від шахрайських схем і дозволяє уникати корупційних ризиків. Навіть якщо останні намагаються втілюватися

недобросовісними чиновниками чи інвесторами, вільний доступ громадян до перегляду додатково унеможлиблює такі дії.

Отже, попри курс України на створення вільного ринку нерухомості, в тому числі ринку земельних ділянок, держава здійснює політику контролю та регулювання на ринку землі. Для цього вона використовує різні інструменти: нормативні документи – як старий класичний метод так і нові сучасні – геоінформаційну систему (Державний земельний кадастр) і електронні аукціони (система Prozorro). Кожен з цих інструментів вже довів свою ефективність, забезпечивши нормальне і стабільне функціонування ринку землі в умовах воєнного стану, показуючи впевнений ріст.

Однак варто зазначити про існування ряду проблем, зокрема недостатньо ефективну взаємодію органів місцевої та державної влади в цій сфері, що призводить до виникнення конфліктів і створення основи для незаконної діяльності.

Разом з тим успіх системи Prozorro і ДЗК доводить, що саме відкритість і прозорість створюють сприятливі умови для подальшого розвитку і росту ринку землі в Україні. Тому закономірний і необхідним кроком має бути продовження курсу на відкритість і прозорість. Практика доводить, що там де громісткий державний апарат з тих чи інших причин не бачить порушень їх неодмінно знаходять суспільні організації чи прості небайдужі громадяни. Така кооперація укріплює ринок, перетворюючи його на привабливе інвестиційно-правове поле.

1.Стаття 19. Категорії земель : Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> 2. Стаття 20. Встановлення та зміна цільового призначення земельних ділянок : Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> 3. Деякі питання ведення та функціонування Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану : Постанова Кабінету Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/564-2022-%D0%BF>

УДК 539.3

Використання технологій комп'ютерного зору у галузі міського будівництва

Computer vision technology application in the industry of road construction

Мартинюк Н.О., аспірант (Луцький національний технічний університет), **Мікулич О.А.,** д.т.н., проф. (Луцький національний технічний університет)

Martyniuk N.O., PhD-student (Lutsk National Technical University), **Mikulich O.A.,** Doctor of Engineering, Professor (Lutsk National Technical University)

У роботі описано основні технології та методи комп'ютерного зору, що можуть бути використані у галузі міського будівництва. Визначено основні особливості використання кожної з технологій, необхідні параметри та зроблено аналіз відомих у літературі підходів до вирішення окреслених задач.

The work describes the main technologies and methods of computer vision that can be used in the field of road construction. The main features of the use of each of the technologies, the necessary parameters, and the analysis of the approaches to solving the outlined problems known in the literature have been determined.

Сучасний розвиток міського будівництва вимагає впровадження інноваційних технологій для забезпечення точного моніторингу технічного стану споруд та інфраструктури. Одним із найбільш перспективних напрямів у цій сфері є використання технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Ці технології дозволяють здійснювати автоматичний аналіз візуальної інформації, отриманої з камер спостереження, безпілотних літальних апаратів або спеціалізованих сенсорів, для оцінки стану будівель, мостів, дорожніх покриттів та інших інженерних об'єктів міського середовища [1, 2].

Методи комп'ютерного зору, зокрема конволюційні нейронні мережі (CNN) та трансформерні архітектури, використовуються для автоматизованого розпізнавання тріщин, відшарувань, корозійних процесів та інших дефектів будівельних конструкцій [3]. Такі системи забезпечують безперервний моніторинг та своєчасне виявлення небезпечних змін у структурі споруд, що значно зменшує ризики аварій та знижує витрати на експлуатацію. Використання високоточних камер та алгоритмів обробки зображень дозволяє отримувати тривимірні моделі міських об'єктів і проводити порівняльний аналіз їхнього технічного стану з часом [4].

Застосування комп'ютерного зору у міському будівництві також охоплює оцінку деформацій ґрунтів і фундаментів, контроль осідань споруд та аналіз стійкості будівельних елементів. У межах проведених досліджень запропоновано використання глибоких нейронних мереж для аналізу відеопотоків і зображень, отриманих під час моніторингу об'єктів. Розроблено алгоритм для автоматичного порівняння послідовних кадрів і виявлення мінімальних деформацій, непомітних для людського ока. Це особливо важливо при дослідженні багатопверхових споруд, мостів і підземних переходів, де навіть незначні зміщення можуть мати критичні наслідки [2, 5].

Крім того, технології комп'ютерного зору активно використовуються для моніторингу міських інженерних мереж, зокрема водопровідних і каналізаційних систем, для виявлення витоків, пошкоджень або зношення трубопроводів. Автоматизований аналіз відеозйомки з камер, встановлених на дронах або мобільних роботах, дозволяє швидко виявляти проблемні ділянки без необхідності проведення масштабних інспекцій [3].

Інтеграція комп'ютерного зору з системами інформаційного моделювання будівель (BIM) створює передумови для формування інтелектуальних цифрових двійників міських об'єктів. Це дає змогу не лише контролювати стан споруд, а й прогнозувати можливі зміни їхніх характеристик під впливом зовнішніх факторів, таких як коливання температури, вібрації чи сейсмічна активність [4, 5].

Отже, використання технологій комп'ютерного зору у галузі міського будівництва є одним із ключових напрямів цифрової трансформації сучасного міського середовища. Ці технології дозволяють створювати більш безпечні, ефективні та стійкі міста, оптимізуючи процеси обслуговування інфраструктури та забезпечуючи своєчасне виявлення потенційних загроз.

1. Koch C., Brilakis I. P. Pothole detection in asphalt pavement images. *Advanced Engineering Informatics*, 25(3), 2011, pp. 507–515. 2. Liu Z., Cai Y., Zheng S. Intelligent monitoring of civil structures based on deep learning and computer vision. *Automation in Construction*, 118, 2020, pp. 103-115. 3. Cha Y. J., Choi W., Büyüköztürk O. Deep learning-based crack damage detection using convolutional neural networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32(5), 2017, pp. 361–378. 4. Nguyen H., La H. M., Ha Q. Smart inspection of civil infrastructures using UAVs and computer vision. *Automation in Construction*, 99, 2019, pp. 52–63. 5. Ding L., Zhou Y., Chen Y. Digital twins and computer vision for sustainable urban infrastructure monitoring. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(4), 2021, pp. 241–254.

УДК 72.01

Особливості формування архітектурної композиції структури забудови в Марокко

Features of the formation of architectural composition of building structures in Morocco

Л. С. Мартишова, канд. архіт., доцент, (Національний університет міського господарства, м. Харків), І. Нашаф, студент рівня магістр, (Національний університет міського господарства, м. Харків)

L. S. Martyshova, PhD in Architecture, Associate Professor, (National University of Municipal Economy, Kharkiv), I. Nashaf, Student of master level, (National University of Municipal Economy, Kharkiv)

Розглянуто основні характеристики формування архітектурної композиції забудови в умовах Марокко. Особливу увагу приділено тому, що саме поєднання культурних традицій в умовах спекотного клімату, а також специфічні ландшафтні характеристики і релігійні вірування, зробили архітектурну забудову Марокко такою естетично привабливою та неймовірно ефектною.

The main characteristics of the formation of the architectural composition of buildings in Morocco are considered. Particular attention is paid to the fact that it is the combination of cultural traditions in a hot climate, as well as specific landscape characteristics and religious beliefs, that made the architectural buildings of Morocco so aesthetically attractive and incredibly effective.

Марокко є своєрідним перехрестям арабського Сходу та Західного Середземномор'я, у такий спосіб різні художні форми арабо-мусульманського мистецтва і знаходять своє втілення у традиційній архітектурі. Складне поєднання цих двох напрямів – арабського та мавританського – підкріплене багатством європейських колонізаторів, створило неймовірно ефектні архітектурні композиції в структурі забудови міст Марокко. Тож, марокканська архітектура, що сягає своїм корінням в іспано-мавританське мистецтво, нагадує калейдоскоп, де різноманітні «частинки» містичним чином поєднуються в ціле, зачаровуючи глядача.

Особливості формування марокканської архітектурної композиції визначаються в першу чергу спекотним кліматом та неймовірними поєднаннями пустельних просторів з невеличкими зеленими острівками-оазами з безкраїм простором океану, що зачаровують. Традиційні мотиви є результатом культурного змішування, що проявляється як у плануванні, орієнтованому на

внутрішній двір (ріадр або дар), чи використанні товстих стін для захисту від спеки та пилу, так і у характерному багатстві декору, переважно з використанням натуральних матеріалів. Наприклад, відомий декор з традиційної плитки зуляйдж або елементи конструкцій та різьбленого дерева і т. ін.

Основу архітектурної композиції традиційної забудови формують декілька характерних будівель, різних за функцією: ріади – традиційні житлові будинки з внутрішнім двором, касби – зміцнені осередки поселень та ксари – стародавні берберські фортеці. Також неймовірно важливими є найважливіші будівлі в структурі будь якого міста чи поселення Марокко, це звісно мечеть – головні релігійна споруда ісламського світу, та медресе, що були не тільки школами релігійних навчачь, а й процвітаючими центрами з вивчення права, філософії та астрології.

Марокко — країна з унікальною мавританською архітектурою, яка увібрала в себе неймовірну кількість унікальних елементів, поєднавши їх в незабутні композиції ансамблів, комплексів споруд та дивовижних вуличних структур, що вузькими лабіринтами змушують людину поринути в світ традицій та культурної ідентичності.

Протягом століть вся країна формувалася за рахунок змішування культури африканських берберських племен з боку пустелі Сахара, ісламських традицій арабських сусідів та іспанських та французьких колонізаторів. Все це створило етнічний мікс, не схожий ні на який інший у всьому світі. Таке поєднання не виявляється настільки виразно, як у формуванні архітектурних композицій. Культурне та естетичне розмаїття, сформоване під впливом різних культур, протягом всієї історії створило основу для появи унікальних за композицією сучасних об'єктів в структурі як історично забудованих районів так і в зонах унікальних ландшафтів (прибережних територіях, пустельних районах та територій з гірськими формами та оазами). Такими є комплекси забудови Маракеша та Рабата, ансамблі у Фесі та Касабланці, чудові споруди мечетей та палацових комплексів з довгою історією та найсучасніші комплекси прибережних готелів, медресе та мечетей.

Найвідомішими з них безперечно є мечеть Хасана II у Касабланці, відома своїм величним мінаретом (заввишки 210 метрів) та незвичним поєднанням традиційної структури релігійної споруди з найсучаснішими технологіями в умовах унікальної структури ландшафту. Будівля стоїть на воді, а точніше над водою, оскільки половина простору мечеті знаходиться над поверхнею Атлантичного океану. Ця величезна споруда була зведена на платформі, що виступає в море. Наче корабель мечеть «пливе» водами океану в бік Заповідної Мечеті у Мецці, а через скляну підлогу можна бачити морські хвилі [1].

1. Hassan II mosque // Abdullatif Al Fozan Award. – URL: <https://mosqpedia.org/en/mosque/329>

УДК 005.95:624

ВІМ як інструмент формування компетентностей майбутнього у будівельній справі

BIM as a Tool for Developing Future Competencies in Construction

Л. М. Мельник, д.е.н., професор; В. П. Ясній, д.т.н., професор; О. М. Мешчерякова, ст. викладач, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

L. Melnyk, D.Sc. in Economics, Professor, V. Iasnii, D.Sc. in Engineering, Professor, O. Meshcheryakova, Senior Lecturer, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine.

У роботі досліджено ключові компетентності в контексті будівельного інформаційного моделювання (ВІМ), необхідні сучасним фахівцям будівельної галузі. Визначено багатовимірність концепції ВІМ (3D–10D) та її роль у формуванні технічних, управлінських і міждисциплінарних навичок майбутніх спеціалістів в умовах цифрової трансформації галузі.

The paper explores the key competencies in the context of Building Information Modeling (BIM) necessary for contemporary construction industry professionals. It defines the multidimensional nature of the BIM concept (3D–10D) and highlights its crucial role in developing the technical, managerial, and interdisciplinary skills of future specialists amidst the industry's digital transformation.

Сучасний ринок праці у будівельній галузі зазнає глибокої цифрової трансформації, ключовим елементом якої є інтеграція технологій будівельного інформаційного моделювання (ВІМ). Виявлено суттєвий та зростаючий розрив між цими новими вимогами і фактичним рівнем підготовки випускників будівельних спеціальностей у закладах вищої освіти. Мета дослідження полягає у визначенні ключових ВІМ-компетентностей, необхідних для формування конкурентоспроможності майбутніх фахівців будівельного профілю в умовах цифровізації галузі. Для досягнення мети було проаналізовано актуальні наукові дослідження з тематики ВІМ, проектного менеджменту та ощадного будівництва. Додатково вивчені експертні звіти міжнародних агенцій (зокрема, USP Marketing Consultancy, World Economic Forum) щодо ключових вимог до ВІМ-компетентностей. Застосовано методи систематизації та класифікації компетентностей відповідно до розширених ВІМ-вимірів (3D–10D). Сформульовано ключові технічні ВІМ-компетентності, які охоплюють здатність фахівця працювати з розширеними вимірами: починаючи зі створення та редагування інформаційних моделей та забезпечення їхньої сумісності (3D -

інформаційне моделювання), інтеграцією календарних графіків для аналізу сценаріїв і оптимізації послідовностей робіт (4D-планування) і формуванням кошторисів та бюджетів для контролю витрат і ресурсів (5D - вартість); аналіз енергоспоживання, прогнозування енергоефективності та врахування принципів "зеленої" сертифікації (6D-сталий розвиток), збір та підтримку актуальної інформації для управління ремонтами, модернізаціями та утилізацією об'єкта протягом його існування (7D - життєвий цикл); вони також передбачають вміння ідентифікувати небезпечні зони та моделювати безпечні сценарії робіт, інтегруючи правила охорони праці (8D - безпека), застосовувати принципи ощадного будівництва для мінімізації втрат та оптимізації потоків (9D - ощадне будівництво); та уміння інтегрувати BIM із сучасними системами управління будівлями (CAFM, IoT, BMS) для оптимізації експлуатаційних витрат та підвищення комфорту користувачів (10D - управління об'єктом). Дослідження динаміки обізнаності в ЄС показало високий рівень обізнаності з BIM серед архітекторів (до 92%), проте значно нижчий рівень практичного застосування серед підрядників (11%) та монтажників (9%), а також низьке використання функцій 4D–7D серед підрядників. Окрім технічних навичок, для ефективної роботи в BIM критично необхідно розвивати міждисциплінарні компетентності: управлінські (проектний та ризик-менеджмент), комунікативні (командна робота, презентація рішень), цифрові (аналіз даних, кібербезпека) та лідерські/етичні (інноваційність, сталий розвиток, професійна відповідальність). Аналіз вакансій підтверджує стійкий попит на нові професійні ролі (BIM-координатор, BIM-менеджер, BIM-аналітик тощо) та знання міжнародних стандартів (IFC, ISO 19650), які поєднують технічні, управлінські та комунікативні навички.

BIM-компетентності стають базовою основою для підготовки висококваліфікованих кадрів, готових до роботи в умовах цифрової економіки та міжнародних стандартів. Дослідження підкреслює нагальну потребу у переосмисленні освітніх програм для формування фахівців, здатних ефективно застосовувати весь спектр BIM-технологій і відповідати викликам ринку праці.

1. Report Impression European Contractor Monitor H2-2024. Digitalisation and BIM. <https://www.usp-research.com/wp-content/uploads/2025/02/Report-Impression-Contractor-Monitor-H2-2024.pdf>.
2. Future of Jobs Report 2025: Insight report. World Economic Forum. January 2025. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf.
3. Левченко, О. В., Михайленко, А. В. (2022). BIM-технології в закладах вищої освіти рівня підготовки бакалавр та магістр. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, вип. 62. С. 152-170. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.62.152-170>.

УДК 725.2.

Класифікація і типологічні ознаки громадсько-торгівельних комплексів

Classification and typological characteristics of Public commercial complexes.

Л.В. Новічков, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)

L.V. Novichkov, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv).

Сучасна архітектура демонструє велику різноманітність громадсько-торгівельних комплексів, які з'являються під впливом міського середовища, потреб людей, функцій та економіки. Тому поділ таких об'єктів на групи – необхідна умова для правильного проектування та їх інтеграції в міста. У роботі розглянуті особливості, що притаманні громадсько-торгівельним комплексам.

Modern architecture demonstrates a great variety of public commercial complexes that emerge under the influence of the urban environment, people's needs, as well as functional and economic requirements. Therefore, the division of such objects into groups is a necessary condition for proper design and their integration into cities. The paper considers the features inherent in public and retail complexes.

У зв'язку зі швидкою урбанізацією та підвищеними вимогами суспільства, громадсько-торговельні комплекси стають важливим елементом міського середовища. Для кращого розуміння цих об'єктів необхідно визначити критерії їх класифікації. ГТК розрізняються за розміром, організацією простору, набором функцій та інтеграцією в структуру міста.

Класифікація за масштабом

Один із основних підходів до класифікації ГТК базується на масштабі об'єкта та радіусі його впливу на міське середовище:

- Мікрорайонні комплекси - торгові об'єкти невеликої площі (до 5 тис. м²), орієнтовані на забезпечення повсякденних потреб населення одного житлового мікрорайону;

- Районні комплекси - об'єкти середнього масштабу (5–20 тис. м²), що обслуговують декілька житлових кварталів;

- Міські ГТК - великі структури (20–60 тис. м²), інтегровані в міську транспортну та соціальну інфраструктуру;

- Регіональні або агломераційні комплекси - об'єкти площею понад 60 тис. м², розраховані на обслуговування населення всього міста або регіону.

За просторово-планувальною структурою громадсько-торгівельні комплекси можуть мати різні типи організації. До них належать лінійні об'єкти, у яких торговельні площі формуються у вигляді витягнутих галерей або пасажів із послідовним рухом відвідувачів; атріумні — багаторівневі споруди з внутрішнім відкритим простором, що забезпечує природне освітлення та зручну орієнтацію; павільйонні (модульні) — комплекси, утворені з окремих об'ємно-просторових елементів, об'єднаних спільною інфраструктурою; а також вертикальні, які завдяки багатоповерховій структурі дозволяють ефективно зонувати функції в умовах щільної міської забудови.

Водночас, за характером містобудівної інтеграції, ГТК поділяються на: автономні комплекси — окремо розташовані об'єкти з власною транспортною та рекреаційною інфраструктурою; вбудовано-прибудовані, що входять до складу більших архітектурних систем (житлових чи офісних будівель); інтегровані у транспортно-пересадочні вузли (ТПУ), безпосередньо пов'язані з громадським транспортом; а також відкриті типи (open-air), розміщені у просторі з пішохідними алеями, площами та озелененням.

Класифікація за функціональним наповненням

Функціонально ГТК можуть бути:

- Монопрофільними - орієнтованими переважно на торгівлю (супермаркети, галереї);
- Мультифункціональними - включають додаткові функції дозвілля, розваг, харчування, адміністративні та офісні приміщення;
- Гібридними - поєднують торговельні, житлові, культурні та транспортні функції в єдиній архітектурно-планувальній структурі.

Типологічне різноманіття громадсько-торгівельних комплексів обумовлюється потребами сучасного урбанізованого суспільства, що вимагає не лише комерційної функціональності, а й соціальної, рекреаційної та культурної значущості архітектурного середовища. Класифікація за масштабом, просторово-планувальною структурою, функціональним наповненням та інтеграцією в місто дозволяє ефективніше проектувати ГТК у відповідності до сучасних містобудівних вимог.

1. Дьомін М. О. Урбаністика. Теоретичні основи і практика планування міських поселень. - К.: Ліра-К, 2012. - 392 с. 2. Семенюк І. С. Архітектурна типологія торговельних центрів: сучасний стан та перспективи розвитку // Вісник КНУБА. - 2021. - №24. - С. 53–59.

УДК 721

Типологічні ознаки та класифікація культурно-освітніх центрів

Typological characteristics and classification of cultural and educational centers

Д. Р. Одайник, студентка, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)

D. R. Odainyk, student, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv)

У роботі розглянуто типологічні ознаки й особливості архітектурного формування культурно-освітніх центрів. Метою є систематизація та класифікація досліджуваного типу будівель для подальшого вивчення їхнього функціонування в контексті розвитку сучасної архітектури, потреб суспільства та його життєдіяльності.

The paper examines the typological features and characteristic of architectural formation of cultural and educational centers. The goal is to systematize and classify the studied type of buildings for further research of their functioning in the context of modern architecture development, the needs of society and its vital activities.

Сучасні культурні та освітні центри – це унікальні поліфункціональні архітектурні об'єкти, де широкі верстви населення взаємодіють зі знаннями, творчістю та обмінюються досвідом. Як архітектурні об'єкти вони пропонують унікальні можливості дослідити, як предметно-просторове середовище може сприяти навчанню, культурному самовираженню та соціальній взаємодії. Значення цих проєктів полягає не лише в їхній функції, але й у тому, як вони відображають цінності та прагнення суспільства. Загалом культурно-освітні центри можна охарактеризувати як багатофункціональні міждисциплінарні заклади культури та освіти, що забезпечують доступ до широкого спектру культурних послуг, сприяють участі громадян у культурних закладах, пропонують можливості навчання протягом усього життя тощо. Як інституції вони існують у різних формах і навіть без узгодженої назви.

На відміну від культурних організацій, таких як музеї, бібліотеки, театри, концертні зали, виставкові галереї тощо, де діяльність і основні функції можна чітко визначити, спектр функцій, що охоплюються культурно-освітніми центрами, настільки широкий і різноманітний, що їх класифікація та типологія є значним викликом. Слід пам'ятати, що історичне походження таких будівель та їх численні моделі, які розвивалися з часом під впливом історичних, політичних, культурних і соціально-економічних процесів, можуть значно відрізнитися у

різних країнах, що робить вивчення та концептуалізацію цих закладів ще складнішим. Втім, культурно-освітні центри мають власні яскраві типологічні ознаки та специфічні особливості, які визначають їх функціональність та роль у суспільстві й архітектурному середовищі. Використовуючи методи порівняльного та ретроспективного аналізу, класифікувати досліджуваний тип будівель можна за такими типологічними ознаками:

- 1) розміщення в структурі міста (у центрі міста, в історичній частині, у нових районах, що розвиваються, на території рекреаційної зони, у периферійних районах, житлових районах);
- 2) масштаб та територіальне охоплення (локального значення, міські, національні, міжнародні центри);
- 3) форми організації (державні, приватні);
- 4) функціональне призначення (в залежності від співвідношення головних функцій – культурної та освітньої й другорядних);
- 5) об'ємно-просторова побудова (просторово розвинуті (розосереджені), компактні будівлі);
- 6) поверховість (одноповерхові, багатоповерхові, висотні комплекси, підземні або напівпідземні споруди);
- 7) типи побудови (нове будівництво, реконструкція, реновація);
- 8) вікова аудиторія (дитячі, молодіжні, дорослі, універсальні центри);
- 9) кількість відвідувачів (малі комплекси – до 500 осіб, середні – 500-1000 осіб, великі – понад 1000 осіб одночасно);
- 10) конструктивні рішення (будівлі павільйонного типу, монолітні споруди, каркасні будівлі, споруди модульного типу, підземні або напівпідземні конструкції, реконструйовані історичні будівлі).

Отже, вивчення типологічних ознак і особливостей та формування класифікації культурно-освітніх центрів є ключовими моментами розвитку та створення освітніх і культурних осередків у сучасних містах. Правильно спроектований культурно-освітній об'єкт не тільки покращує враження відвідувача, але й плавно інтегрується в міське чи природне оточення, сприяючи загальній естетичній та соціальній цінності простору. Поєднуючи функціональність з інноваціями та креативністю, така архітектура має потенціал позитивно вплинути як на індивідуальний добробут, так і на згуртованість громади.

1. Adilovna Q. S., Atxamovna A. N., Shaxnazarovich R. L. Cultural education center classification of buildings and general concepts. *Acadeemicia Globe: Inderscience Research*. Volume 2, Issue 4, April, 2021. URL: <https://media.neliti.com/media/publications/343759-cultural-education-center-classification-b40b79ff.pdf> 2. Dita Pfeifere. The issues of defining and classifying cultural centres. *Sciend. Economics and culture* 19(2), 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/366534139_The_Issues_of_Defining_and_Classifying_Cultural_Centres

УДК 72.01

Сучасні тенденції проєктування житлової архітектури

Modern trends in residential architecture design

В. Р. Парасюк, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), А. С. Мартиненко, канд. арх., доц., каф. Основ архітектурного проєктування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

V. R. Parasiuk , Master's Degree Applicant, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), A. S. Martynenko, PhD. In Architecture, Associate Professor, Department of Fundamentals of Architectural Design (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

У роботі розглянуто основні тенденції розвитку житлової архітектури XXI століття: екологізація проєктних рішень, гнучкість і трансформованість житлових просторів, мікс функцій, контекстуальність та інтеграція соціального виміру у структуру житлового середовища. На основі аналізу сучасних європейських і українських прикладів

The paper examines the main trends in the development of residential architecture in the 21st century: greening of design solutions, flexibility and transformability of residential spaces, mix of functions, contextuality and integration of the social dimension into the structure of the residential environment. Based on the analysis of modern European and Ukrainian examples

Архітектура житла традиційно відображає соціальні, культурні та технологічні трансформації свого часу. Протягом ХХ – початку ХХІ століття житлова архітектура зазнала суттєвої еволюції — від раціоналістичних, стандартизованих модерністських моделей до людиноорієнтованих, екологічно виважених і контекстуально чутливих рішень. Якщо модернізм сприймав житло насамперед як «машину для життя», то сучасна архітектурна думка трактує його як динамічне середовище, що сприяє гармонійному розвитку людини та спільноти.

Глобальні процеси урбанізації, кліматичні виклики та зміна способу життя призвели до нового осмислення поняття житлового комфорту. Сьогодні житло виходить за межі базових функцій — воно має забезпечувати психологічний добробут мешканців, сприяти соціальній взаємодії, ефективно використовувати ресурси та бути здатним до адаптації під різні життєві сценарії. У цьому контексті сучасна житлова архітектура орієнтується на принципи

сталого розвитку, гнучкості, енергоефективності та гармонійного співіснування з природним і культурним середовищем.

Як наголошує Кеннет Фремптон (*Modern Architecture: A Critical History*, 2020), європейська житлова архітектура сьогодні «повертається до регіональних традицій, поєднуючи їх із сучасною технологічною базою». Це свідчить про те, що архітектурна форма перестає бути самоціллю — натомість вона постає результатом глибокого аналізу контексту, клімату, соціальної структури та культурних особливостей місця.

Таким чином еволюція сучасного житла відображає зміну підходів від стандартизації до індивідуалізації, від масового будівництва — до створення гармонійного життєвого середовища, орієнтованого на людину, громаду й природу.

Основні тенденції проєктування житлової архітектури:

Екологічність і сталій розвиток - пріоритетом стає зменшення енергоспоживання, використання відновлюваних джерел енергії та природних матеріалів, інтеграція зелених елементів у структуру будівлі.

Гнучкість і адаптивність простору. Планування набуває відкритості, модульності й здатності трансформуватися під змінні потреби мешканців.

Людиноцентричність і соціальна інтеграція - архітектура сприяє комунікації, підтримує формування спільнот і створює умови для спільного користування простором.

Змішана функціональність і “15-хвилинне місто” - житло поєднується з місцями праці, відпочинку й сервісу, формуючи самодостатні міські квартали.

Контекстуальність і критичний регіоналізм - проєктування враховує історичне середовище, локальні традиції, масштаб і матеріали, забезпечуючи гармонійне включення нової архітектури в міський контекст.

Отже, сучасна житлова архітектура прагне до балансу між технологічністю та людяністю, екологічністю й комфортом, універсальністю та локальною ідентичністю. Це формує нову якість життя, засновану на взаємоповазі людини, простору й природи.

1. *Modern architecture: a critical history*. Thames & Hudson, 2020. 2. *Architectural trends in residential design - newschool of architecture & design*. NewSchool of Architecture & Design. URL: <https://newschoolarch.edu/architectural-trends-in-residential-design/> (дата звернення: 10.11.2025).

УДК 725:826

Формування сучасних спортивно-оздоровчих комплексів в структурі міста

Formation of modern sports and health complexes in the structure of the city

Парфентьєва І.О., к.т.н., Степанюк В.О., магістр, (Луцький національний технічний університет)

Parfentieva I. O., Ph.D., associate professor, Stepaniuk V. O., master, (Lutsk National Technical University, Lutsk)

В роботі розглянуті сучасні виклики формування спортивно-оздоровчих комплексів у міському середовищі в умовах глобальних трансформацій. Акцент зроблено на безпековому, демографічному та управлінському вимірах модернізації інфраструктури. Обґрунтовано необхідність переходу до багатофункціональних, адаптивних об'єктів, здатних реагувати на кризові сценарії. Запропоновано принципи соціальної доступності, екологічності та мережевого управління як основи сталого розвитку спортивної інфраструктури.

The article explores contemporary challenges in shaping sports and wellness complexes within urban environments amid global transformations. It emphasizes security, demographic, and governance dimensions of infrastructure modernization. The need for multifunctional, adaptive facilities capable of responding to crisis scenarios is substantiated. Principles of social accessibility, environmental sustainability, and network-based management are proposed as foundations for resilient sports infrastructure development.

Сучасні глобальні зрушення, включно з військовою агресією, демографічними змінами та викликами сталого розвитку, вимагають докорінної трансформації філософії та механізмів формування спортивної інфраструктури. Традиційні вузькоспеціалізовані та соціально ізольовані спортивні об'єкти виявилися нежиттєздатними в епоху невизначеності, що актуалізує необхідність переходу до створення адаптивних, багатофункціональних вузлів у міському середовищі [1].

Модернізація спортивно-оздоровчих комплексів (СОК) у структурі міста відбувається за трьома ключовими, взаємопов'язаними вимірами: безпековим, демографічним та управлінським.

Безпрецедентна руйнація спортивної інфраструктури, спричинена військовою агресією, вимагає переходу до концепції об'єктів подвійного призначення. Сучасні СОК мають проектуватися з урахуванням кризових

сценаріїв, що передбачає їхню здатність трансформуватися для невластивих функцій (укриття, шпиталі, гуманітарні хаби). Це вимагає обов'язкової наявності енергонезалежних джерел живлення, модульної архітектури внутрішніх просторів, інфраструктури для маломобільних груп та інтегрованих систем управління ризиками.

Глибинні демографічні зрушення, зокрема старіння населення, вимагають адаптації СОК. Якщо раніше комплекси проєктувалися переважно для молоді, то тепер зростає потреба в об'єктах, що враховують специфічні потреби старших вікових груп. Особливу увагу необхідно приділяти принципу інклюзивності та безбар'єрності не лише будівлі, але й усїєї території комплексу.

Сучасні СОК перестають бути ізольованими спорудами, перетворюючись на багатофункціональні вузли мережі суспільних просторів громад.

Однією з домінуючих тенденцій є розвиток багатофункціональності, практичності та комерційної спрямованості. Вони мають поєднувати спортивну функцію з дозвільно-розважально-оздоровчою, освітньою, культурною та соціально-гуртуючою. При цьому зростає частка універсальних, багатофункціональних приміщень із можливістю трансформації, які можуть використовуватися для різних видів спорту, культурно-масових заходів чи навіть конференцій [2-4].

Розміщення таких комплексів має забезпечувати найкоротші зв'язки з житловим, виробничим та освітнім середовищем. Вони є елементами мережі фізкультурно-спортивних споруд, які класифікуються як об'єкти загальноміського, міжрайонного, районного чи мікрорайонного значення, входячи в загальну систему культурно-побутового обслуговування населення. Для житлових районів, особливо у щільній забудові, актуальним є коопероване використання СОК (наприклад, між кількома закладами вищої освіти, або між освітнім закладом та мешканцями прилеглих територій) [5].

При проєктуванні та модернізації таких комплексів необхідно керуватися принципами:

- соціальна доступність: формування об'єкта, доступного для різних верств населення, що підвищує його ефективність та рентабельність.
- універсальність та адаптивність: можливість трансформації простору та його гнучкість до зміни функцій.
- екологічність: використання енергозберігаючих технологій, зниження навантаження на довкілля, гармонізація з природним середовищем та озеленення.

Традиційні директивно-адміністративні, відомчо-галузеві моделі управління спортивною інфраструктурою виявили свою неадаптивність та домінують у системі, спричиняючи дефіцит інтеграції, відомчу замкнутість та недостатнє врахування потреб громад [1].

Необхідним є перехід до більш гнучкої, мережевої та міжсекторальної екосистемної моделі управління, що перетворить спортивну інфраструктуру з бюджетного тягаря на драйвер сталого розвитку. Це передбачає створення міжгалузевих проєктних офісів та платформ діалогу.

Фокус фінансування має зміститися з утримання "твердих" фізичних об'єктів на забезпечення комплексу життєво важливих сервісів, які ця інфраструктура надає громаді.

Для оцінки об'єктів слід впроваджувати нову генерацію показників ефективності, які відображають соціально-символічні параметри, а не лише кількість споруд. Прикладом є Індекс якості спортивних просторів (Sport Space Quality Index), що оцінює: інклюзивність, зв'язаність, мультифункціональність, екологічність

Отже, особливості формування сучасних спортивно-оздоровчих комплексів – це не лише архітектурно-будівельне завдання, але й стратегічна політика, спрямована на зміцнення людського та соціального капіталу громад. У контексті післявоєнного відновлення України, ці об'єкти мають стати структуроутворювальними вузлами регіональних екосистем, що інтегрують безпеку, здоров'я та соціальну єдність, пропонуючи новий стандарт для європейського простору.

1. Дунаєв, І. В., Кушнір, В. М. (2024). Адаптивність спортивної інфраструктури до сучасних викликів: інтеграція безпекових, демографічних та управлінських парадигм для впровадження на регіональному рівні. Вісник Полтавського державного аграрного університету. Серія «Публічне управління та адміністрування», (2), 17–33. <https://doi.org/10.32782/pdau.pma.2024.2.3>. 2. Кайдановська О. О. Багатофункціональні спортивні комплекси в структурі міста / О. О. Кайдановська, Л.-М. О. Фединець // Містобудування та територіальне планування : наук. - техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; гол. ред. М. М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2018. - Вип. 68. - С. 227-235. 3. Пономаренко О. В. Багатофункціональний спортивно-розважальний комплекс як кластер в міському середовищі [Текст] / О. В. Пономаренко // «Інтеграція науки та практики як механізм ефективного розвитку суспільства» (м. Львів, 26-27 лютого 2021 р.). - Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 4. Зарубіжний досвід проєктування багатофункціональних спортивних центрів В.О. Роде О.А Костюченко // Theory and practice of design. Issue 29–30. 2023. 6. Hamming J., Van Brederode M. Measuring the social impact of sports facilities: Towards a place-based Sports Space Quality Index. Journal of Urban Regeneration & Renewal. 2020. Vol.14, No1. P.71–83

УДК 711.062

Роль принципів і прийомів при створенні концепції розвитку архітектурного середовища пішохідних просторів міст

The role of principles and techniques in creating a concept for the development of the architectural environment of pedestrian spaces in cities

Петруня О.М. архітектор, асистент кафедри міського будівництва Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Petrunya O.M. Architect, Assistant Professor, Department of Urban Construction Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

У статті розглядаються критерії створення концепції розвитку архітектурного середовища пішохідних просторів міст. Проектування якої спрямоване на перетворення міських просторів на привабливі місця для спілкування, відпочинку та активного способу життя населення.

The article considers the criteria for creating a concept for the development of the architectural environment of pedestrian spaces in cities. The design of which is aimed at transforming urban spaces into attractive places for communication, recreation, and an active lifestyle of the population.

Вміння орієнтуватися у просторі – це вміння визначати власне положення або місце розташування того чи іншого об'єкта відносно розташування інших об'єктів (у системі координат).

При створенні зони, (пішохідного простору) враховуються наступні критерії: виявлення особливостей архітектурно-просторової організації території дослідження; створення функціональної карти пішохідного простору; побудова сценарію використання пішохідного простору; розвиток інфраструктури; процеси, що відбуваються в певному архітектурному середовищі; роль пішохода в освоєнні середовищних об'єктів; безпека; зручність та комфорт.

Концепція розвитку архітектурного середовища пішохідних просторів міст передбачає комплексний підхід, який включає: створення комфортного, безпечного та інклюзивного міського середовища через інтеграцію різноманітних функцій; покращення транспортних та пішохідних сполучень; можливість використання стійких та сучасних матеріалів; наявність малих архітектурних форм; принципи озеленення та освітлення.

Дана концепція спрямована на перетворення міських просторів на привабливі місця для спілкування, відпочинку та активного способу життя, що сприятиме в майбутньому покращенню якості життя мешканців міста.

Існують закономірності та принципи організації системи пішохідних просторів в містах. Принципи концентрації, спадкоємності, відповідності, принцип безперервності і дискретності, принципи диференціації та антропоцентризму. Розглянемо деякі з них більш детально.

Антропоцентризм у пішохідному просторі означає створення міських просторів, де **людина є центром уваги та пріоритетом**. Це підхід, який ставить комфорт, безпеку, зручність та досвід пішоходів в центр уваги під час проєктування, враховуючи їхні потреби та взаємодію з навколишнім середовищем.

Принцип диференціації — це процес **розділення або зонування фізичного середовища міста на різні ділянки з конкретними функціями, характеристиками та цілями**. Він створюється з метою вдосконалення варіантів використання простору в місті. Зорієнтований на безпеку та естетику. Допомогає створити комфортне, інтуїтивно зрозуміле та інклюзивне міське середовище. Досягається способами розділенням учасників руху в межах системи пішохідного простору та функціональною спеціалізацією окремих пішохідних зон і вулиць міста. Різноманіттям таких зон є: пішохідно – прогулянкові зони, торгово-пішохідні, шопінг - зони, рекреаційні, туристично – пішохідні, експозиційні, велосипедно-пішохідні та комбіновані пішохідні простори.

Саме ефективна диференціація забезпечує функціональність та гуманізацію міського середовища, внаслідок перетворення звичайних транзитних зон на комфортні та привабливі простори для життя та спілкування населення. Сучасний розвиток міських вулиць зорієнтований на людину та її комфорт. Перелічені принципи організації міського простору, відіграють значну роль у створенні концепції розвитку архітектурного середовища пішохідних просторів міст.

1. Проєктування міських територій. Ч. I: підручник / [за ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник]; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 450 с. (серія «Міське будівництво та господарство»). 2. Тригуб Р.М.,Петруня О.М. Закордонний досвід організації інженерно-планувальних рішень пішохідного простору на вулично-дорожній мережі міста. В зб. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Вип.2(98). Рівне, 2022. С. 164-173. 3.Кузишин А.В. Регіональний вимір соціально-політичних процесів: теорія, методологія та практика суспільно-географічного дослідження: автореф. дис. докт. географ. наук: 11.00.02. Тернопіль, 2021. 40 с.

УДК 528.856:004.85

Сучасні методи нейронних мереж для векторизації будівель із супутникових знімків високої роздільної здатності

Modern neural network methods for building vectorization from high-resolution satellite imagery

І. А. Радіон, аспірант (Волинський національний університет імені Лесі Українки), О. В. Мельник, к.т.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки)

I. A. Radion, PhD student, (Lesya Ukrainka Volyn National University), O. V. Melnyk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lesya Ukrainka Volyn National University)

У роботі представлено огляд сучасних методів глибокого навчання для автоматичної векторизації будівель із супутникових знімків високої роздільної здатності. Проаналізовано архітектури згорткових нейронних мереж, трансформерні моделі та методи постобробки. Особливу увагу приділено проблемам геометричної регулярності, топологічної коректності та генералізації між доменами.

This paper presents a review of modern deep learning methods for automatic building vectorization from high-resolution satellite imagery. Convolutional neural network architectures, transformer models, and post-processing methods are analyzed. Special attention is paid to problems of geometric regularity, topological correctness, and cross-domain generalization.

Автоматична векторизація будівель із супутникових знімків є однією з ключових задач сучасного картографування та кадастру. Хоча методи глибокого навчання досягли високих показників точності сегментації (IoU 85–92%), залишається нерозв’язаною проблема генерації геометрично та топологічно коректних полігонів. Дослідження фіксують характерні помилки: відхилення кутів до 8,3°, непаралельність стін, зміщення контурів та топологічні порушення у 12–18 % випадків [1].

У роботі здійснено огляд методів векторизації за 2015–2024 рр. із використанням еталонних датасетів SpaceNet, WHU та INRIA. Сучасні підходи класифіковано на три групи:

- CNN-орієнтовані методи (U-Net, DeepLab), які забезпечують високу якість сегментації та оптимальне співвідношення точності і швидкості;
- трансформерні архітектури (Swin Transformer, SegFormer), що демонструють найвищі показники IoU (>90 %), зокрема UNetFormer із результатом 90,2 % на INRIA Aerial Dataset [5];

– комплексні «end-to-end» підходи (Frame Field Learning, PolyWorld), які формують векторні контури напряму та забезпечують значно кращу векторну точність (PoLiS ~73 %) порівняно з традиційною полігонізацією [13].

Показано, що класичний підхід «сегментація – постобробка – полігонізація» призводить до накопичення похибок і створення геометричної структури будівель. «End-to-end» методи дозволяють уникнути цього, однак потребують складніших моделей та більшого обчислювального ресурсу. При цьому CNN і трансформери краще справляються зі складними умовами зйомки, тінями, різними масштабами об'єктів та щільною забудовою.

Серед ключових викликів галузі виділено:

– низьку генералізацію моделей на нові регіони (падіння IoU до 67–70 % без донавчання);

– пропуск малих будівель (до 40%);

– оклюзії та сезонні зміни, що суттєво знижують точність екстракції.

Перспективними напрямками розвитку є інтеграція геометричних обмежень у архітектури глибоких мереж, розробка топологічно-усвідомлених функцій втра, використання мультимодальних даних (LiDAR + оптика) та перехід до широкорого застосування «end-to-end» полігональних моделей. Особливу увагу варто приділяти також мультитемпоральному навчанню та зменшенню залежності від великих анотованих наборів даних.

Результати роботи демонструють, що хоча сучасні підходи забезпечують дуже високу растрову точність, лише комплексні методи, орієнтовані на геометрію та топологію, здатні забезпечити якісну векторизацію, необхідну для кадастрових і містобудівних застосувань.

1. Zhao W., Persello C., Stein A. Building outline delineation: From very high resolution remote sensing images to polygons with an improved end-to-end learning framework. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2021. Vol. 179. P. 364–378. 2. Wang L., Li R., Zhang C., Fang S., Duan C., Meng X., Atkinson P.M. UNetFormer: A UNet-like transformer for efficient semantic segmentation of remote sensing urban scene imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2022. Vol. 190. P. 196–214. 3. Girard N., Smirnov D., Solomon J., Tarabalka Y. Polygonal building extraction by frame field learning. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2021. P. 5891–5900

УДК 349.3:368.5:69

Правове регулювання добровільного страхування будівельних ризиків та професійної відповідальності як елемент будівельного права, що стимулює якість та надійність відбудови

Legal Regulation of Voluntary Insurance of Construction Risks and Professional Liability as an Element of Construction Law that Stimulates the Quality and Reliability of Reconstruction

Рябих Н.В., кандидат юридичних наук, доцент, **Корицька В.І.**, студент, **Федосюк А.С.**, студент (Луцький національний технічний університет).

Ryabikh N.V., Candidate of Legal Sciences, Assoc. Prof., **Korytska V.I.**, Student, **Fedosiuk A.S.**, Student (Lutsk National Technical University)

Розкрито роль страхових інструментів у мінімізації технічних, фінансових і професійних ризиків на всіх етапах будівельного процесу. Визначено ключові переваги добровільного страхування — підвищення стандартів виконання робіт, формування культури відповідальності, зменшення навантаження на державу та замовників. Проаналізовано сучасне законодавство, включаючи регуляторну роль НБУ та впровадження вимог до платоспроможності й ризик-менеджменту страховиків. Окреслено актуальні виклики та перспективи розвитку, зокрема необхідність гармонізації з європейськими стандартами, удосконалення нормативної бази та цифровізації страхових процесів.

It highlights the role of insurance instruments in reducing technical, financial, and professional risks throughout the construction cycle. The main benefits of voluntary insurance are identified, including higher performance standards, strengthened responsibility culture, and reduced burden on the state and clients. The study analyzes the current legislation, focusing on the regulatory role of the National Bank of Ukraine and the introduction of solvency and risk-management requirements for insurers. Key challenges and development prospects are outlined, such as the need for harmonization with European standards, improvement of regulatory frameworks, and digitalization of insurance processes.

Проблематика правового забезпечення добровільного страхування у сфері будівництва набуває особливої актуальності в умовах масштабної відбудови України після руйнувань, спричинених війною. Добровільне страхування будівельних ризиків та професійної відповідальності поступово стає одним із ключових правових механізмів, які забезпечують підвищення якості робіт, зміцнення інституційної спроможності учасників ринку та створення належних умов для безпечного й відповідального будівництва.

У сучасній будівельній практиці добровільне страхування розглядається як ефективний інструмент управління ризиками. Страхове покриття будівельних робіт, професійної діяльності проєктувальників, інженерів та підрядників дозволяє мінімізувати наслідки[1]: неякісного виконання будівельно-монтажних робіт; проєктних помилок і технічних відхилень; аварій, обвалів та технологічних інцидентів; непередбачуваних форс-мажорних ситуацій. Крім того, страхування стимулює: дотримання стандартів якості та безпеки, високий рівень професійної відповідальності, ризик-орієнтовану модель управління будівельними процесами, формування довіри між учасниками ринку.

У період відбудови, коли держава стикається з дефіцитом ресурсів і потребою в гарантіях надійності, добровільне страхування фактично перетворюється на інструмент підсилення інституційної стабільності будівельного сектору[2].

Ключові зміни у нормативно-правовому середовищі почалися із запровадження в 2021 році оновленого Закону України «Про страхування» [1]. Документ: визначив єдині підходи до ліцензування страхових компаній; закріпив вимоги до системи внутрішнього контролю; деталізував види страхування, включно зі страхуванням професійної відповідальності; запровадив стандарти управління ризиками, платоспроможністю та прозорістю діяльності страховиків.

Посилення ролі Національного банку України як регулятора сприяло формуванню контрольованого та передбачуваного страхового ринку[3]. Запроваджено: вимоги до корпоративного управління страховиків; перевірку джерел походження капіталу; обов'язкове документальне підтвердження резервів; електронний реєстр договорів страхування. Таке нормативне базове підґрунтя створює умови для інтеграції добровільного страхування як елемента відповідального будівельного права.

Страхові механізми мають прямий вплив на правове та технічне забезпечення будівництва[4]. Серед основних напрямів такого впливу, зокрема:

1. Мотивація дотримання будівельних стандартів. Страхові компанії проводять аудит проєктної документації, оцінюють технічні рішення, контролюють дотримання норм та правил, що автоматично підвищує якість будівництва.

2. Страхування професійної відповідальності. Захищає учасників будівництва від фінансових наслідків помилок, технічних прорахунків і недбалості, формуючи високі професійні стандарти.

3. Зменшення тягаря на державний бюджет. Страхові виплати покривають витрати на усунення пошкоджень, аварійних ситуацій тощо — замість фінансування з державних резервів.

4. Незалежний контроль якості. Страховий моніторинг, експертизи та аудит створюють додатковий рівень контролю за виконанням робіт, що особливо важливо при відбудові критичної інфраструктури.

Таким чином, добровільне страхування виявляється ефективним правовим інструментом, який не просто компенсує збитки, а й виступає гарантом дотримання технологій і якості будівництва[5].

Незважаючи на очевидні переваги, ринок стикається з низкою викликів: недостатня деталізація страхових умов у законодавстві, низька страхова культура учасників ринку, недостатня капіталізація окремих страховиків, складність оцінки технічних ризиків.

Перспективні напрями розвитку: запровадження цифрових інструментів (е-поліс, автоматизовані системи ризик-оцінки); адаптація українських норм до стандартів ЄС (Solvency II); створення умов для стимулювання страхування державою (податкові пільги, регуляторні бонуси); формування спеціалізованих страхових продуктів для воєнної та післявоєнної відбудови; посилення ролі професійного аудиту та технічних інспекцій.

Стратегічний курс України на євроінтеграцію передбачає повну модернізацію страхового ринку та його гармонізацію з нормами ЄС, що відкриває нові можливості для будівельної галузі.

Отже, добровільне страхування будівельних ризиків та професійної відповідальності відіграє важливу роль у формуванні сучасного будівельного права України. Воно не лише виступає механізмом компенсації, а й формує прозорі правила гри, сприяє підвищенню рівня безпеки, відповідальності та якості будівельних робіт. У контексті масштабної відбудови країни після руйнувань добровільне страхування стає необхідною умовою сталого розвитку, фінансової стабільності та технологічної надійності будівельних проєктів.

1. Закон України «Про страхування» від 18.11.2021 № 1909-IX (зі змінами станом на 10.11.2025) // Голос України. – 2021. – 15 грудня. 2. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI (зі змінами станом на 10.11.2025) // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 34. – Ст. 343. 3. Постанова Національного банку України від 04.02.2022 № 18 «Про затвердження Положення про ліцензування страховиків» // Офіційний вісник України. – 2022. – № 15. 4. Державні будівельні норми ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проєктної документації на будівництво» // Офіційний вісник України. – 2014. – № 52. 5. Директива 2009/138/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25 листопада 2009 року про прийняття та здійснення бізнесу зі страхування та перестраховання (Solvency II) // Офіційний вісник Європейського Союзу. – Л 335. – 17.12.2009. 6. Стратегія розвитку страхового ринку України до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.06.2025 № 729-р // Урядовий кур'єр. – 2025. – 28 червня. 7. Звіт Національного банку України «Стан страхового ринку України: 2024–2025 роки» [Електронний ресурс]. – Київ, 2025. – Режим доступу: <https://bank.gov.ua/insurance-report-2025>.

УДК 72.01

Класифікація ремісничих художніх коледжів за основними ознаками

Classification of craft-art colleges by key typological attributes

В. О. Сумченко, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проектування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

V. O. Sumchenko, Master's Degree Applicant, I. V. Kudryashova, Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Department of Fundamentals of Architectural Design, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Досліджено архітектурно-типологічні особливості ремісничо-художніх коледжів як сучасних освітньо-культурних середовищ. Запропоновано класифікацію за чотирма критеріями: функцією, профілем, просторовою моделлю та контекстом. Визначено перехід від замкнених навчально-виробничих структур до відкритих кампусів і становлення стилістики “minimal craft style”.

The study examines the architectural typology of craft-art colleges as modern educational and cultural environments. A four-part classification is proposed by function, training profile, spatial model, and context. The research outlines a shift from closed workshop-based structures to open campuses and the emergence of the “minimal craft style.”

Сучасна архітектурна освіта перебуває на етапі переосмислення моделі художнього коледжу як інтегрованого освітньо-культурного середовища. Зростання інтересу до ремісничих практик, локальних матеріалів і студійної педагогіки актуалізує пошук нових архітектурних форм, де навчання поєднується з творчим виробництвом і громадською взаємодією. В умовах децентралізації такі заклади стають осередками локальної ідентичності та креативної економіки.

Метою дослідження є систематизація типів ремісничо-художніх коледжів і визначення архітектурних закономірностей їхнього розвитку. Методика базується на порівняльно-типологічному аналізі історичних і сучасних навчальних комплексів (Баугауз, СЕРТ, ESMA, SCAD, Косівський коледж ЛНАМ) та вивченні освітніх підходів Ahmed (2022), Thoring (2012) і Grover (2017), що трактують архітектуру як середовище творчої взаємодії.

Визначено чотири ключові критерії класифікації:

Функціональні типи: *навчально-виробничі* - продовжують традицію ремісничої школи, організовані за павільйонним принципом навколо внутрішнього двору (Al-Fustat Center, Косівський коледж ЛНАМ); *навчально-дослідні* - базуються на гнучких лабораторних просторах (Баугауз, СЕРТ, InnovationRCA); *виставково-громадські* - поєднують освіту з публічними подіями (ESMA, SCAD).

Профіль підготовки впливає на морфологію простору. Матеріально-технологічні напрями (текстиль, дерево, метал, кераміка, скло) потребують спеціалізованих майстерень, тоді як дизайн-орієнтовані - відкритих, трансформівних зон. Студійна модель (Thoring, 2012) виділяє п'ять типів середовищ: Solitary, Team, Tinker, Presentation, Transition, що відповідають етапам творчого процесу.

Просторові моделі розміщення: *міський кампус* (інтеграція в культурні кластери мегаполісів, ESMA, RCA), *кампус-сателіт* у малому історичному місті (Косів, Кременця) та *вбудований коледж* на базі ревіталізованої індустріальної спадщини (SCAD, Glasgow School of Art).

Відношення до контексту: *автономна модель* - замкнений освітній кампус; *інтегрована* - взаємодія з містом через відкриті фасади й публічні функції; *ревіталізаційна* - коледж як каталізатор оновлення історичних ареалів (Al-Fustat, Awadh Shilpgram).

Стилістична еволюція закладів демонструє перехід від академічного історизму до модерністської “архітектурної чесності” та сучасного “minimal craft style”, що поєднує простоту конструкції, природні матеріали та прозорість процесів. Просторова організація тяжіє до дворикових і павільйонних композицій з галереями, атріумами й відкритими майстернями, які підтримують комунікацію та спільну творчість.

Отримані результати дозволяють розглядати ремісничо-художній коледж як динамічний тип архітектури, у якій форма безпосередньо відображає педагогічну модель. Класифікація за функцією, профілем і контекстом окреслює потенціал таких закладів як інструменту розвитку культурного середовища малих історичних міст і відродження ремісничих традицій у сучасному урбаністичному контексті.

1. Ahmed O. Contemporary vocational craft centers: spatial typologies and pedagogical integration. Cairo: Al-Fustat Publications, 2022. 2. Thoring K., Luippold C., Müller R. M. Creative space types in design education: Solitary, Team, Tinker, Presentation, Transition. Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education. 2012. P. 231–236. 3. Grover R., Emmitt S., Copping A. Revisiting studio pedagogy: learning environments in art and design education. Design Studies Journal. 2017. Vol. 48(4). P. 85–99.

УДК 628.2

Трасування каналізації за даними геологічних вишукувань

Tracing the sewer network according to geological survey data

С. В. Синій, к.т.н., доцент, О. В. Верешко, к.т.н., доцент, П. О. Сунак, к.т.н., доцент, С. В. Деркач, студент, М. С. Кондратюк, студент, Д. П. Савка, студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O. V. Vereshko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, P. O. Sunak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, S. V. Derkach, student, M. S. Kondrayiuk, student, D. P. Savka, student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведено приклад впливу на трасування каналізації даних геологічних вишукувань, проведених Науково-дослідною будівельною лабораторією ЛНТУ.

An example of the impact on sewer routing of geological survey data conducted by the Scientific Research Construction Laboratory of LNTU is given.

Методикою проектування зовнішніх інженерних мереж обґрунтовується потреба врахування у проєктних рішеннях разом з вимогами діючих будівельних нормативів також і актуальної інформації про геологічні особливості території, які впливають на обґрунтування їх трасування [1, 2].

Важливо для прокладання зовнішніх каналізаційних мереж на ділянці території ЛНТУ у Шацькому НПП (розглянута у [1]) враховувати дані геологічних вишукувань про особливості ґрунтів та рівень ґрунтових вод. Це суттєво впливає на прийняття остаточного рішення із трасування каналізації [1].

Досвід проведення досліджень на реальних об'єктах – це один з кращих способів засвоєння навчальної та науково-дослідної інформації, що актуальний попри сучасні можливості VR-технологій з імітації реальних дій та об'єктів [3-5 та ін.].

Дані геологічних вишукувань та науково-технічних робіт з обґрунтування трасування мережі каналізації отримано під час досліджень, проведених Науково-дослідною будівельною лабораторією ЛНТУ із залученням викладачів та студентів спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія" (рис. 1).

На базі цієї Науково-дослідної будівельної лабораторії, яка діє при кафедрі будівництва та цивільної інженерії факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ, проводяться заняття студентських наукових гуртків кафедри, зокрема і гуртка "Інженерні мережі у будівництві" (керівник С. В. Синій).



Рис. 1. Фото виконання досліджень з геологічних вишукувань для зовнішніх каналізаційних мереж на ділянці території ЛНТУ у Шацькому НПП, проведених Науково-дослідною будівельною лабораторією ЛНТУ із залученням викладачів та студентів спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія" (листопад 2025 р.)

У даному випадку залучення бакалаврів спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія" до досліджень безпосередньо на реальному об'єкті сприяє не лише кращому засвоєнню навчального матеріалу з дисциплін "Інженерні мережі" та "Інженерна геологія та основи механіки ґрунтів", але й розвиває у них практичні навички науково-дослідної роботи, такі як здатність проводити досліді та оформляти дані, їх оцінювати, обґрунтовувати та аналізувати.

Станом на сьогодні дані геологічних вишукувань систематизуються з метою проведення їх оцінювання, обґрунтування та аналізу [1, 6-8 та ін.] для прийняття остаточного рішення з трасування каналізації.

1. Синій С. В., Мельник Ю. А., Сунак П. О., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О. М. Проектування каналізаційних мереж з використанням принципів SWOT-аналізу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2021, 16, 171-179. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22) . 2. Синій С. В., Гупік Н. В., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О. М., Ужегова О. А., Ротко С. В. Особливості методики інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2025, 23, 285-300. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-25) . 3. Синій С. В. Досвід проведення лабораторного заняття з інженерних мереж у плавальному басейні ЛНТУ. Інновації у будівництві: збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених, 15 травня 2025 р., м. Луцьк, ЛНТУ, 2025, 160-162. URL: <https://sites.google.com/view/iic-2025> . 4. Гончаренко С.У. *Формування у дорослих сучасної наукової картини світу: [монографія]*. Київ, ІПООД НАПН України, 2013, 220. 5. Дереза О., Болтянський Б., Дереза, С. Використання vt-технологій в наукових дослідженнях. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*, 2023, 12(2). DOI: <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v12i2.331> . 6. Синій С. В., Войтюк А. І., Мельник Ю. А., Сунак П. О., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О.М. Реконструкція каналізаційних мереж із залізобетонними колодезями для інженерного благоустрою територій з високим рівнем ґрунтових вод. Інновації у будівництві: збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів, 13 травня 2021 р., м. Луцьк, ЛНТУ, 2021, 90-93. URL: https://drive.google.com/file/d/1Lxa6gCbDsFiFFVDD5enuu2Lt37kM_VQF/view . 7. Синій С.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М., Крантовський І.О., Орешкович М. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) . 8. Жирнов П., Соломаха І. Інженерно-геологічне районування як науково-методична основа для складання схеми інженерно-будівельної оцінки (на прикладі міста Ірпінь Київської області). *Геодинаміка*, 2022, 2(33), 115-132. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/dec/29655/ukr221171maket-115-132.pdf> .

УДК 628.2

Обґрунтування траси каналізації на основі геодезичних вишукувань

Justification of the sewer route based on geodetic surveys

С. В. Синій, к.т.н., доцент, О. В. Верешко, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О. В. Мельник, к.т.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк), А. В. Корець, студентка, І. А. Домбровська, студентка, Д. А. Цицюк, студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O.V. Vereshko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), O. V. Melnyk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lesya Ukraina Volyn National University, Lutsk), A. V. Korets, student, I. A. Dombrovska, student, D. A. Tsytsiuk, student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведено приклад впливу на трасування каналізації даних геодезичних вишукувань, проведених за участі викладачів та студентів ЛНТУ та ВНУ імені Лесі Українки.

An example of the impact on sewerage routing of geodetic survey data conducted with the participation of teachers and students of LNTU and Lesya Ukrainka VNU is given.

Нормативною методикою проектування зовнішніх інженерних мереж обґрунтовується потреба врахування у проектних рішеннях актуальної інформації про геодезичні особливості території (давністю не більше трьох років), які впливають на обґрунтування їх трасування. У зв'язку з цим, для прокладання зовнішніх каналізаційних мереж на ділянці території ЛНТУ у Шацькому НПП визначались дані геодезичних вишукувань про особливості рельєфу та існуючих споруд [1-3]. Такі дослідження для потреб обґрунтування траси каналізації на основі геодезичних вишукувань було організовано та виконано із залученням викладачів ЛНТУ та ВНУ імені Лесі Українки, а також – студентів-бакалаврів спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія" ЛНТУ. Кафедрою будівництва та цивільної інженерії факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ практикуються заняття з дисциплін "Інженерні мережі" та "Інженерна геодезія", студентських наукових гуртків кафедри, як гурток "Інженерні мережі у будівництві" (керівник С.В. Синій), безпосередньо на реальних досліджуваних об'єктах. Спількування з фахівцями, робоча

атмосфера, сучасне обладнання значно підвищують ефективність навчання та виконання студентами НДР (рис. 1).

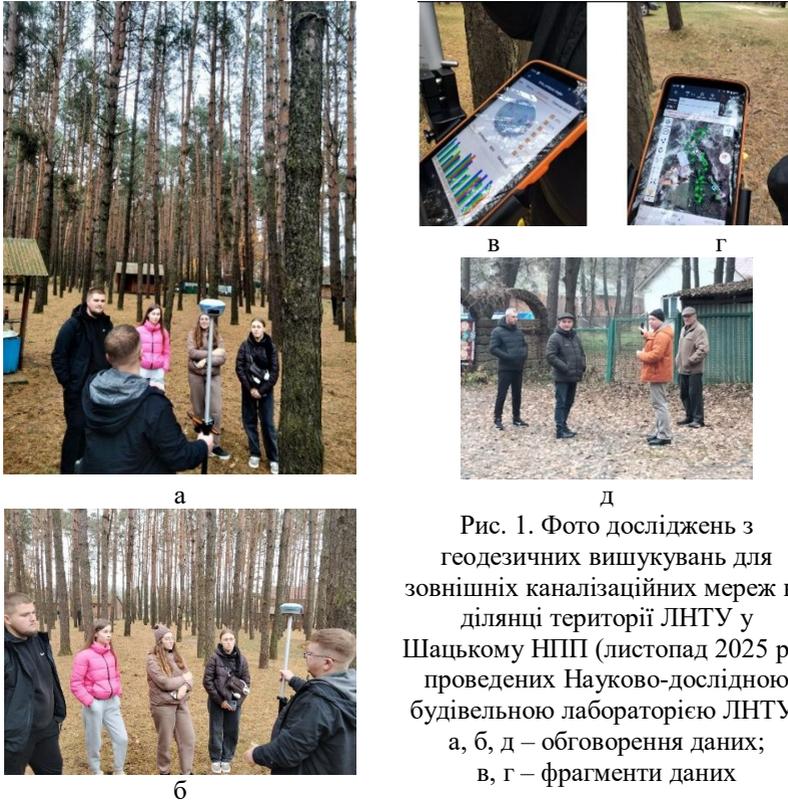


Рис. 1. Фото досліджень з геодезичних вишукувань для зовнішніх каналізаційних мереж на ділянці території ЛНТУ у Шацькому НПП (листопад 2025 р.), проведених Науково-дослідною будівельною лабораторією ЛНТУ: а, б, д – обговорення даних; в, г – фрагменти даних

Станом на сьогодні дані геодезичних вишукувань систематизуються з метою проведення їх оцінювання, обґрунтування та аналізу за [1-3 та ін.] для прийняття правильного рішення з трасування каналізації.

1. Синій С.В., Мельник Ю.А., Сунак П.О. та ін. Проектування каналізаційних мереж з використанням принципів SWOT-аналізу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2021, 16, 171-179. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22) . 2. Синій С. В., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О. М. та ін. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) . 3. Синій С.В., Крантовська О.М., Ксьоншкевич Л.М. та ін. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень об'єктів будівництва. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 198-206. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-21) .

УДК 528.9:004.9

Геоінформаційний аналіз просторової взаємодії щільності забудови та зеленої інфраструктури (UGI) у місті Житомир

Geoinformation analysis of spatial interaction between building density and urban green infrastructure (UGI) in the city of Zhytomyr

А.В. Уль, д.т.н., професор, Ю. А. Мельник, к.т.н., доцент, О. В. Мельник, к.т.н., доцент, (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк) О. В. Верешко к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

A.V. Uhl, Dr.Tech in Engineering, Professor, O. V. Melnyk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Yu.A. Melnyk Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lesya Ukrainka Volyn National University), O.V. Vereshko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University)

У дослідженні виконано геоінформаційний аналіз просторової взаємодії щільності забудови та міської зеленої інфраструктури Житомира, що дало змогу кількісно охарактеризувати дисбаланс між урбанізованими та озеленими територіями на рівні кварталів

This study applies GIS-based analysis to examine the spatial interaction between building density and urban green infrastructure in Zhytomyr, enabling a quantitative characterisation of the imbalance between built-up and green areas at the block scale.

Забезпечення збалансованого співвідношення між інтенсивністю міської забудови та розвитком зеленої інфраструктури (Urban Green Infrastructure, UGI) є ключовою передумовою екологічної стійкості міст та базовою вимогою сучасної європейської політики просторового планування [3–5]. Для українських міст, зокрема Житомира, характерні процеси урбаністичної десифікації (ущільнення забудови), що підсилюють просторовий дисбаланс між соціальною потребою у зелених насадженнях та фактичною можливістю їх використання.

У цьому контексті ГІС-методи забезпечують інструментальну основу для кількісної оцінки просторової структури міста та виявлення територій морфологічної та соціальної вразливості.

Метою дослідження є оцінка взаємозв'язку між інтенсивністю забудови, пішохідною доступністю зелених насаджень та рівнем зеленого забезпечення на рівні кварталних одиниць у межах міста Житомир. Методологія ґрунтується на використанні відкритих геопросторових даних OpenStreetMap (OSM) для

формування квартальної моделі та обчислення комплексу просторових індикаторів.

Результати виявили системну просторову асиметрію у структурі міського середовища. Найбільш урбанізовані квартали — історичний центр та сформовані багатопверхові мікрорайони — характеризуються максимальною щільністю забудови та одночасно найнижчими значеннями Green Index (0–0,5), що свідчить про критичний дефіцит зелених насаджень і недостатню екологічну компенсаторну здатність території. Натомість квартали, розташовані поблизу річкової долини та природних лісових масивів, демонструють структурно збалансовану конфігурацію «збудова–озеленення». Аналіз доступності підтвердив наявність просторової нерівності: значна частина високощільних районів не відповідає нормативу пішохідної доступності зелених зон у радіусі 500 м (рис.1), що формує територіальну вразливість і обмежує можливості рекреаційного використання UGI для населення [4-5].

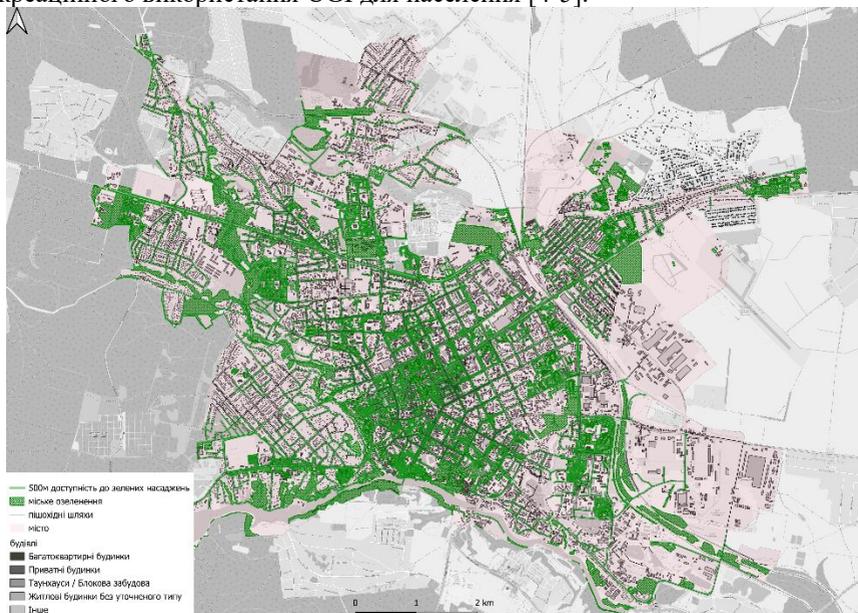


Рис. 1. Доступність зелених насаджень у межах нормативного радіусу

Сукупність отриманих індикаторів дозволила сформувати інтегральну оцінку просторової стійкості UGI та окреслити пріоритетні зони для цільових зелених інтервенцій. Методологія довела ефективність застосування ГІС-підходів для діагностики просторових дисбалансів та створила наукове підґрунтя для оновлення стратегічних документів міського розвитку Житомира,

зокрема щодо оптимізації щільності забудови, підсилення природного каркаса та формування справедливої системи доступності до зелених насаджень (рис.2).

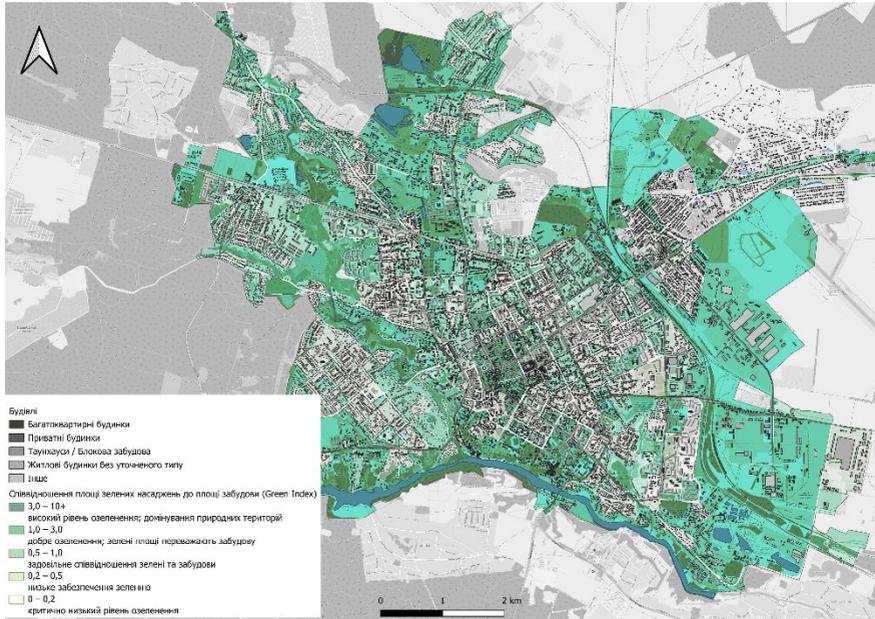


Рис. 2. Індекс зеленого балансу (Green Index) у кварталах м. Житомир

Отримані індикатори можуть бути використані для evidence-based рішень у сфері міського планування, зокрема для обґрунтування двоканальної стратегії управління UGI: 1) Кількісне збільшення UGI за рахунок ревіталізації придатних резервних територій (за MCDA-аналізом) та 2) Якісне покращення існуючої UGI у кварталах з високим КЩЗ. Це є необхідним для інтеграції в стратегічні документи розвитку Житомира та модернізації зеленої інфраструктури.

1. World Health Organization (WHO). Urban green spaces and health. 2016.
2. UN-Habitat. Urban Green Infrastructure Guidelines. 2020.
3. European Environment Agency. Green Infrastructure Mapping in Europe. 2019.
4. Haaland, C., van den Bosch, C. Urban green space and densification. Environmental Research, 2015.
5. European Environment Agency (EEA). Urban Environment Report. 2022.

УДК 528.9:004.9

Геоінформаційні методи визначення географічних центрів адміністративних утворень

Geoinformation methods for determining the geographical centers of administrative entities

А.В. Уль, д.т.н., професор, О. В. Мельник, к.т.н., доцент, Ю. А. Мельник, к.т.н., доцент, В.В. Шеремета, студент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк)

A.V. Uhl, Dr.Tech in Engineering, Professor, O. V. Melnyk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Yu.A. Melnyk Ph.D. in Engineering, Associate Professor, V.V.Sheremeta, student (Lesya Ukrainka Volyn National University)

Проаналізовано геоінформаційні методи визначення географічних центрів адміністративних утворень на прикладі районів Волинської області

Geoinformation methods for determining the geographical centers of administrative entities are analyzed using the example of districts in the Volyn region..

Визначення географічного центру адміністративних територій є фундаментальною задачею центрографії, що має значне науково-прикладне значення, зокрема для геополітичного планування та картографічного забезпечення [1]. Проте, поняття "центру" не має єдиного аналітичного розв'язку, оскільки результат залежить від обраного алгоритму та концептуального розуміння "центральності". Сучасні ГІС-технології дозволяють вирішити цю проблему, але водночас пропонують низку різних математичних підходів [2].

Метою дослідження є проведення порівняльного аналізу результатів визначення географічних центрів Волинської області та її районів [3]. Дослідження ставить за мету встановити зв'язок між конфігурацією (формою) територій та варіативністю положення розрахованих центрів, а також розробити практичні рекомендації щодо застосування кожного методу.

Дослідження проводилося у середовищі QGIS. В якості вихідних даних використано векторні межі з OpenStreetMap (OSM), отримані через сервіс Geofabrik.

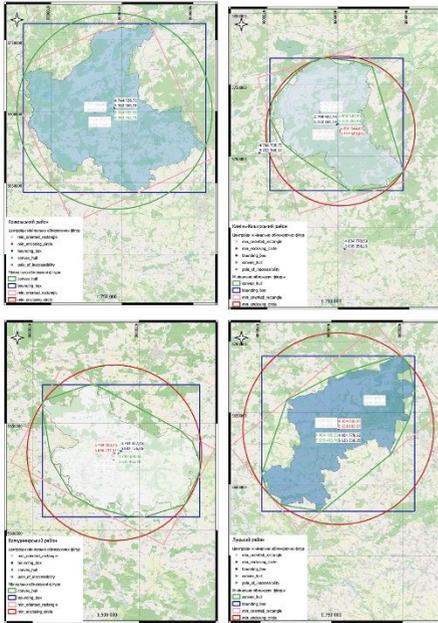


Рис. 1. Визначення центрів районів засобами ГІС

Аналіз виявив значну варіативність у положенні центрів залежно від методу та геометрії району. Було перевірено дві гіпотези. Гіпотеза про те, що райони зі складною формою (Камінь - Каширський, Ковельський), які мають низькі індекси компактності, демонструють максимальну розбіжність центрів, підтвердилася. Натомість, гіпотеза про те, що компактні райони мають стабільні центри, була спростована на прикладі Луцького району. Незважаючи на найвищий індекс компактності (0.54), він показав рекордну дисперсію центрів (максимальна відстань 26.5 км). Це доводить, що індекс компактності не є абсолютним прогностичним інструментом.

Вибір методу визначення центру є не лише технічним, але й стратегічним рішенням. Замість пошуку єдиного "правильного"

центру, автори пропонують застосовувати мульти-центровий аналіз для визначення "зони центральності" або "локусу невизначеності". Для компактних територій (Володимирський район) ця зона є щільним кластером, що свідчить про надійність. Для складних (Камінь-Каширський) або "оманливо компактних" (Луцький) територій ця зона є великою та вказує на неоднозначність поняття "центру".

1. Карпінський, Ю. О., Лященко, А. А., Дьогтяр, А. М. Визначення географічного центру України. Вісник геодезії та картографії. 2002. № 1. С. 29–33. 2. Карпінський, Ю. О., Трюхан, М. О., Лященко, А. А., Шевченко, В. О., Барановський, В. Д., Грицевич, В. С. Про результати наукових досліджень з визначення координат географічного центру території України. Вісник геодезії та картографії. 2004. № 2. С. 66–69. 3. Остапчук, С. М., Німкович, Р. С. Визначення географічного центру території (на прикладі Рівненської області та її адміністративних районів). Вісник НУВГП. Технічні науки. 2017. Вип. 4(80). С. 178–185.

УДК 351.77

Інноваційні аспекти розвитку міського будівництва

Innovative aspects of urban development

Хомич Т. Ю., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Khomych T., student, Smal M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Dzyubynska O.V., Doctor of Economics, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Досліджено інноваційні аспекти розвитку міського будівництва, які поєднують новітні технології, екологічний підхід та потреби людини, спрямовані на створення комфортного, безпечного та сталого середовища, у якому поєднуються інновації, раціональне використання ресурсів і гармонія між природою та інфраструктурою.

Innovative aspects of urban development that combine the latest technologies, an ecological approach and human needs are investigated, aimed at creating a comfortable, safe and sustainable environment that combines innovation, rational use of resources and harmony between nature and infrastructure.

Міста не можуть розвиватися без нових ідей, споруд та кращих доріг. Інновації у будівництві – це не про використання сучасних матеріалів або технологій, це комбінація цифрових технологій, екології та соціальної відповідальності. Одним із проявів цього підходу є задум «розумного міста», який окреслює використання електронних технологій для кращого керування містом, його ресурсами та послугами. Освітлення, контроль транспортного руху, витрати енергії, безпека та слідкування за природою – це головні аспекти такого управління.



Рис. 1. «Розумне місто» Барселона

Наприклад у Барселоні (рис. 1.) однією з систем «розумного міста» є контроль використання води в земних зонах, у Нью-Йорку діє система «розумних» баків для сміття, а в Україні функціонує розумна транспортна мережа, яка дозволяє відстежувати рух громадського транспорту. Також активно розвиваються онлайн-сервіси, що включають запис до лікаря, онлайн-петиції, отримання соціальних послуг і систему камер відеоспостереження. Завдяки цьому місто стає комфортнішим, безпечнішим, а витрати ресурсів – меншими. Такі рішення поєднують технології та ефективне керування для підвищення добробуту мешканців і формують основу розвитку сучасних міст.

Паралельно з цим важливе місце у розвитку міського середовища займає «зелене» будівництво. Воно має на меті зменшити негативний вплив споруд на навколишнє середовище та забезпечити зручність для мешканців. Сучасні проекти «зелених» будинків базуються на енергоефективності, застосуванні природних і перероблених матеріалів, зокрема систем збору дощової води, використанні сонячних панелей, озелененні фасадів та дахів. Міжнародні системи сертифікації, такі як LEED («Leadership in Energy and Environmental Design») та BREEAM («Building Research Establishment»), спрямовані на створення будівель, комфортних для населення й водночас безпечних для довкілля, зберігаючи економічну вигідність та впроваджуючи інноваційні рішення проектування.

Сьогодні ці принципи набувають особливого значення для України, яка зазнала численних руйнувань унаслідок повномасштабної війни. Відбудова міст і населених пунктів відбувається за принципом «Build Back Better» – «відбудувати краще, ніж було». Це означає створення сучасних, безпечних, екологічних і сталих споруд, що відповідають потребам людей. Головна мета такого підходу – забезпечити комфорт, надійність і нову якість життя. Саме так формується нова ідея українського міста – міста як простору життя, розвитку й підтримки.

1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. *Сталий розвиток міст та зелене будівництво.* <https://saee.gov.ua/> 2. Рада з екологічного будівництва США <https://www.usgbc.org/leed> 3. Офіційний сайт BREEAM. Метод екологічної оцінки будівельних дослідницьких установ. <https://breeam.com/> 4. Глобальний альянс розумних міст. <https://www.weforum.org/>

УДК 699.85

Реконструкція житлових масивів періоду масового індустріального домобудівництва

The reconstruction of residential estates from the period of mass industrial housing construction

**С.М. Чепурна, к.т.н., доцент (Харківський національний
університет міського господарства імені О.М. Бекетова)**

**S.M. Cherpurna, PhD, Associate Professor (O.M. Beketov National
University of Urban Economy in Kharkiv)**

Значна кількість житлової забудови 50-80-х років ХХ століття представлена панельними будинками, що побудовані за типовим проектами і, на сьогодні, не відповідають сучасним вимогам комфорту та енергоефективні. Отже, виникає необхідність проводити реконструкцію таких будинків враховуючи досвід європейських країн.

The significant amount of residential development from the 1950s to the 1980s is represented by prefabricated buildings that were built according to standard designs and, today, they don't meet modern requirements for comfort and energy efficiency. Thus, there is a need to carry out reconstruction such buildings taking into account the experience of European countries.

З давніх давен житло займає одне з головних місць у житті людини. Проте на сучасному етапі значна частина житлового фонду перебуває у незадовільному технічному стані внаслідок тривалого експлуатаційного зношення, морального старіння, невідповідності сучасним вимогам комфорту й енергоефективності, крім того, внаслідок постійних російських обстрілів значна частина житлової забудови зазнала суттєвих пошкоджень.

У післявоєнний період особливу увагу приділяють двом напрямкам реконструкції житлової забудови: перший – збереження або відновлення цінної житлової забудови історичного центру; другий - модернізація житлових масивів періоду масового індустріального домобудівництва, що потребують технічного переоснащення, покращення благоустрою і формування комфортного життєвого середовища відповідно до сучасних стандартів сталого розвитку.

В Україні, і Харків не є виключення, значна кількість житлової забудови, термін експлуатації яких наближається до граничного, особливо це стосується 5-

ти поверхових житлових будинків, що були споруджені у 50-70-х роках ХХ століття за типовим проектами як малогабаритне житло. Проте, будівлі зводились як тимчасове житло, оскільки після Другої Світової війни велика кількість сімей проживали у дерев'яних бараках без відповідних комунальних зручностей або у комунальних квартирах, тому на архітектурно-планувальні рішення та естетичні якості таких квартир не звертали увагу [1, 2].

Будинки, які зведені у 70-80-х роках ХХ століття своїми архітектурно-планувальними рішеннями відрізняються від попереднього періоду. Проте, у цей період спостерігається підвищення поверховості до 16 поверхів, а в деяких районах можливо було використовувати і більшу поверховість, так у Харкові у 80-х роках з'явилися перші 24-х поверхові панельні будинки [3].

Згідно з Генеральним планом Харкова 1986 р, одним з найбільш пріоритетним напрямком вважалась Північна Салтівка - найбільший і густонаселений житлових районів не тільки міста, а й і України, де до початку бойових дій мешкала близько 600 тисяч осіб, колись сповнений життям район у 2022-2023 рр. перетворився на пустелю, де люди змушені були виживати у розбитих будинках та споруджувати літні кухні. Нині - це найбільш постраждала частина міста, де близько 70% житлової забудови пошкоджено, деякі будівлі не підлягають ремонту, деякі будинки уже відремонтовані, деякі очікують на ремонті роботи.

Досвід європейських країн свідчить, що існують різні підходів до реконструкції панельної житлової забудови, але цей процес залежить який результат хоче отримати замовник. Так, у Німеччині розбирають верхні поверхи, щоб зменшити висоту будівлі, добудовують балкони, ліфти, виконують утеплення фасадів, перепланування квартир, об'єднання квартир, що дозволяє збільшити площу, тим самим підвищити комфорті умови [1].

Таким чином, вибір методів модернізації і реконструкції панельних житлових будинків залежить від фізичного і морального зношення будівлі, від державних програм, які зможуть забезпечити фінансову сторону та подовжити терміни експлуатації.

1. Чому хрущовки краще реконструювати, а не руйнувати. <https://birdinflight.com/architectura-uk/20211104-20211104-pochemu-hrushhevki-luchshe-rekonstruiovat.html>. 2. Гриневич Е.О., Гасвой Ю.О., Вяткін В.А., Каржинерова Т.І. (2021). Проблеми реконструкції житлових будинків, що побудовані у 60-70 р.р. хх сторіччя у місті Харкові. *Науковий вісник будівництва*, 104 (2), 140-146. doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-140-147. 3. Агеева Г.М., Каф'єв К.П., Кривельов Л.І. (2021) Реконструкція будинків перших масових серій – засада сталого розвитку мікрорайонів і кварталів міст. *Наука та будівництво*, 1(27), 32-40. Doi: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v27i1.5>.

УДК: 711.4

Генеральна схема планування території України: сучасні виклики

General scheme of planning the territory of Ukraine: modern challenges

О. С. Шевчук, к.т.н., доцент, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, А. О. Вітровий, к.т.н., доцент, Р. В. Сіран, аспірант кафедри транспорту і логістики, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

O. S. Shevchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O. P. Zakharchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, A. O. Vitrovyu, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, R. V. Siran, postgraduate student of the Department of Transport and Logistics (Western Ukrainian National University, Ternopil), S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University)

Авторами проведено комплексний аналіз ролі та змісту Генеральної схеми планування (ГСП) території України як ключового містобудівного документа державного рівня. Досліджено три основні компоненти ГСП та визначено її законодавчі засади.

The authors conducted a comprehensive analysis of the role and content of the General Planning Scheme (GPS) of the territory of Ukraine as a key urban planning document at the state level. The three main components of the GPS were studied and its legislative foundations were identified.

Генеральна схема планування (ГСП) міста є основним містобудівним документом, призначення якого полягає у стратегічному, довгостроковому та збалансованому плануванні розвитку міської території [1]. Насамперед, він слугує для раціонального використання земель через визначення функціонального зонування, чітко розділяючи житлові, промислові, рекреаційні та громадські зони [2], що запобігає конфліктам забудови.

Даний документ визначає основні принципи формування архітектурно-планувальної структури міста на період до двадцяти п'яти років, регулюючи розвиток системи розселення.

Крім того, він має критичне інфраструктурне значення, оскільки планує розвиток магістральної вулично-дорожньої мережі та всіх інженерних систем, включаючи водопостачання, енергетику та зв'язок.

З екологічної та соціальної точки зору, Генеральний план забезпечує охорону навколишнього середовища, планує розміщення об'єктів соціальної

інфраструктури, таких як школи та лікарні, а також охороняє культурну спадщину. Зрештою, цей документ виконує правову функцію, будучи юридичною основою для відведення земель, контролю за забудовою та залучення інвестицій, оскільки чітко встановлює, що і де дозволено будувати.

На рис. 1 подано структуру компонентів ГСП території України у вигляді піраміди. Вона складається з трьох основних рівнів:

1. Аналіз стану використання території України – оцінка сучасного стану територіальної організації, розселення, природних ресурсів, інфраструктури, екології.

2. Обґрунтування основних напрямків використання території України – визначення стратегічних пріоритетів просторового розвитку, функціонального зонування та збалансованого використання територій.

3. Пропозиції щодо реалізації Генеральної схеми планування території України – розробка практичних заходів, програм і механізмів впровадження схеми.

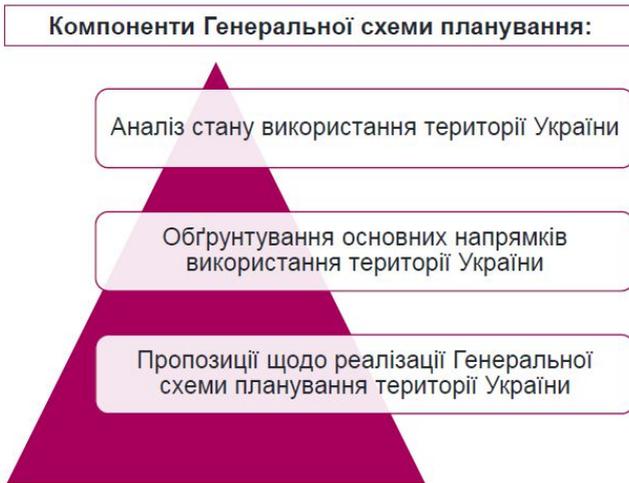


Рис. 1. Основні компоненти Генеральної схеми планування

Генеральний план має статус нормативного документа прямої дії, обов'язкового для виконання органами влади, підприємствами, організаціями та громадянами. Його положення визначають межі населеного пункту, функціональне зонування території, напрямки розвитку транспортної, інженерної та соціальної інфраструктури. Усі рішення щодо забудови територій повинні відповідати затвердженому Генеральному плану.

Будь-яке будівництво, що суперечить затвердженому генеральному плану, заборонене. Внесення змін до нього можливе лише після проведення нових досліджень, погоджень, громадських слухань і ухвалення відповідного рішення місцевою радою. Для детальнішого планування окремих територій можуть розроблятися додаткові документи – детальні плани територій, плани зонування або схеми планування суміжних територій.

Процес розроблення Генерального плану передбачає кілька етапів (таблиця 1). Замовником документації виступає орган місцевого самоврядування, а розробником – спеціалізована проектна організація, що має відповідну ліцензію.

Таблиця 1. Етапи планування та основні завдання ГСП

№	Компонент	Суть етапу та його призначення	Основні завдання
1	Аналіз стану використання території України.	Діагностичний етап. Всебічна оцінка поточної ситуації, ресурсів та проблем території.	Виявлення проблемних зон, оцінка потенціалу, аналіз демографічних тенденцій.
2	Обґрунтування основних напрямків використання території України.	Стратегічний етап. Визначення довгострокових цілей, пріоритетів та векторів розвитку.	Розробка сценаріїв територіального розвитку, визначення функціонального зонування, прогнозування потреб в інфраструктурі.
3	Пропозиції щодо реалізації Генеральної схеми планування території України.	Впроваджувальний (імплементацийний) етап. Перетворення стратегій у конкретні заходи та механізми.	Встановлення черговості та обсягів фінансування, визначення правових та організаційних механізмів, розробка системи моніторингу.

Після підготовки проекту проводиться громадське обговорення, під час якого мешканці можуть подавати свої пропозиції. Далі документ проходить експертизу на відповідність законодавству, державним будівельним нормам, санітарним і екологічним вимогам. Після цього Генеральний план затверджується рішенням міської ради і підлягає обов'язковому оприлюдненню у відкритому доступі, відповідно до статті 21 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Контроль за дотриманням положень генерального плану здійснюють органи місцевого самоврядування та Державна інспекція архітектури і містобудування України.

У разі порушення вимог містобудівного законодавства передбачені адміністративні санкції: зупинення будівельних робіт, штрафи або навіть демонтаж самочинно зведених об'єктів. Цей документ забезпечує правову визначеність і прозорість забудови, а також створює умови для захисту прав громади на безпечне та збалансоване середовище проживання. Таким чином, Генеральний план виконує не лише функцію містобудівного документа, а й має вагоме юридичне значення як інструмент реалізації державної політики у сфері сталого розвитку території.

Законодавча база ГСП України: розробляється та затверджується відповідно до вимог Конституції України та низки спеціальних законів. Головним нормативно-правовим актом, що регулює питання планування та забудови територій, є Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності». Цей Закон визначає мету, склад, порядок розроблення та затвердження Генеральної схеми. Згідно з ним, Генеральна схема є містобудівною документацією державного рівня. Окрім основного закону, Генеральна схема керується положеннями, що стосуються спеціалізованих сфер. Закони України «Про основи національної безпеки України» та «Про стратегічну екологічну оцінку», забезпечують врахування інтересів національної безпеки та екологічних вимог при плануванні. Земельний кодекс України та Водний кодекс України, регулюють питання використання природних ресурсів, що є об'єктом планування. Постанови Кабінету Міністрів України та Державні будівельні норми (ДБН), деталізують вимоги до змісту, оформлення та процедури експертизи містобудівної документації.

Основною метою Генеральної схеми планування території України є створення цілісної просторової системи, що забезпечує сталий соціально-економічний розвиток держави, ефективне використання природних ресурсів, охорону довкілля та підвищення якості життя населення.

У зв'язку з економічними, демографічними та геополітичними змінами Генеральна схема потребує періодичного оновлення. На сьогодні в Україні потрібно розробити нову редакцію даного документа, яка має врахувати сучасні тенденції: євроінтеграційні процеси, децентралізацію, регіональні диспропорції розвитку, кліматичні виклики та потребу у відновленні територій, постраждалих від воєнних дій.

1. Закон України «Про Генеральну схему планування території України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3059-14#Text> . 2. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. URL: https://dbn.co.ua/pav/pub01/dbn-B-2212_planuvannya.pdf .

УДК: 711.4

Сучасна планувальна структура Тернополя та його територіальний потенціал

Modern planning structure of Ternopil and its territorial potential

О. С. Шевчук, к.т.н., доц., Н. М. Фалович, к.е.н., доц., А. О. Вітровий, к.т.н., доц., Р. В. Сіран, аспірант кафедри транспорту і логістики, (Західноукраїнський національний університет, Тернопіль), С. В. Синій, к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

O. S. Shevchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, N. M. Falovych, Ph.D. in Economic, Associate Professor, A. O. Vitrovyu, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, R. V. Siran, postgraduate student of the Department of Transport and Logistics (Western Ukrainian National University, Ternopil) S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Авторами проаналізовано сучасну планувальну структуру міста Тернопіль, акцентуючи увагу на функціональному зонуванні житлових і промислових зон. Дане дослідження визначає територіальний потенціал Тернопільської міської територіальної громади, зокрема її інвестиційні, рекреаційні та освітні ресурси. Зроблено висновок про необхідність подальшої оптимізації міського простору та впровадження принципів сталого розвитку для підвищення якості життя.

The authors analyzed the modern planning structure of the city of Ternopil, focusing on the functional zoning of residential and industrial zones. This study determines the territorial potential of the Ternopil urban territorial community, in particular its investment, recreational and educational resources. The conclusion is made about the need for further optimization of urban space and the implementation of sustainable development principles to improve the quality of life.

Сучасне планування та оцінка потенціалу міста є необхідним заходом для трансформації міст у сталі, комфортні та мобільні центри в умовах швидкої урбанізації. Місто Тернопіль розташоване на Тернопільському плато Подільської височини Східно-Європейської рівнини. Сучасна планувальна структура міста створювалася на основі територіально-географічних умов: річка Серет та Тернопільський став. Згодом природні фактори підсилювалися проходженням транспортних шляхів: залізнична лінія Львів-Тернопіль-Київ, що розділяє центральну частину міста та мережа автомобільних доріг.

У макро-масштабі планування місто розділене умовно на три райони:

1. Центральний, західна межа якого проходить по р. Серет і Тернопільському ставу, а східна – по залізниці Львів–Тернопіль–Київ;

2. Східний, західна межа якого проходить по залізниці Львів–Тернопіль–Київ, а східна межа – по об'їзній дорозі;

3. Західний, східна межа якого проходить по р. Серет і Тернопільському ставу, а західна – по об'їзній дорозі та магістралі Тернопіль–Львів.

Також наявні два промислові райони – Північний і Південний.

Районування Тернополя поєднує старі історичні місцевості такі як Новий Світ, Кутківці, Загребелля та великі житлові масиви старої забудови (XX ст.) Дружба, Бам, Східний, які часто іменуються за внутрішніми мікрорайонами. Мікрорайонування в м. Тернопіль структуроване за географічним принципом з посиленням на представлені на рис. 1 назви:

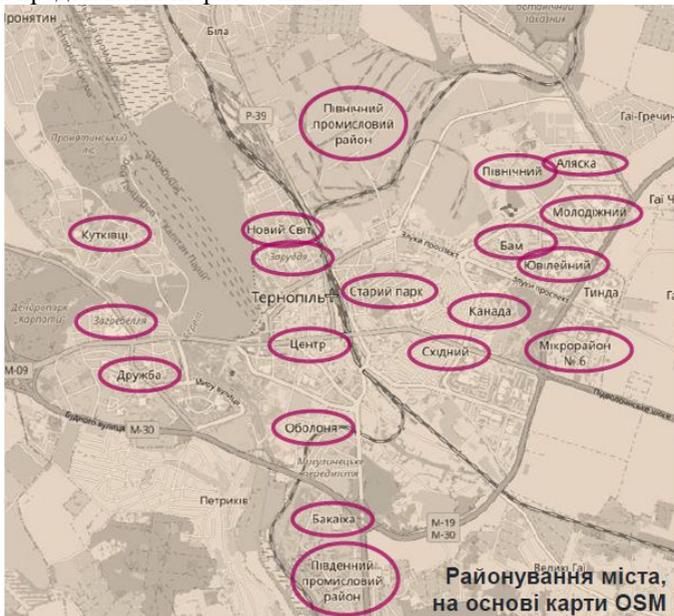


Рис. 1. Схема мікрорайонування міста Тернопіль

1. Західна та південно-західна частина. Ця частина міста відділена від центру Тернопільським ставом і є одним із найбільших житлових масивів. Дружба – великий житловий масив забудови 60-70-х років, розташований на правому березі Серету, на історичній місцевості, що колись називалася Загребелля, що прилягає до Дружби. Кутківці – околиця та колишнє село, розташоване на північний захід від ставу. Новий Світ – історичний район, приєднаний до міста у 1937 році, розташований між ставом і центром.

2. Центральна частина та прилеглі райони. Мікрорайон Центр – історичний центр міста, Старий парк – місцевість навколо однойменного парку, розташована на схід від Центру. Оболоня – місцевість на півдні від Центру, де розташований центральний міський ринок, назва походить від заболочених луків річки Серет.

3. Північна та північно-східна частина міста – нові райони, забудови переважно 80-90-х років. Бам (Сонячний) – неофіційна, але поширена назва великого житлового масиву, зведеного у 80-х роках. Молодіжний – мікрорайон, розташований на схід від Баму. Ювілейний (8-й мікрорайон) – житловий мікрорайон, прилеглий до Баму. Аляска (12-й мікрорайон) – мікрорайон, розташований північніше від Баму. Північний – мікрорайон у крайній північній частині міста. Тинда, Канада – це також назви окремих мікрорайонів або їх частин, що часто прилягають до масиву Бам/Північний.

4. Східна частина міста – великий житловий масив, забудови 70-80-х років, розташований на схід від Старого парку. Мікрорайон № 6 – назва, використовувана для одного з внутрішніх мікрорайонів Східного масиву.

5. Промислові райони міста. На схемі (рис. 1) виділено дві великі зони, призначені для промислової забудови, Північний промрайон (на північ від центру) та Південний промрайон (на південь, біля виїзду з міста).

Оптимальними напрямками розвитку міста залишаються північно-західний, західний. У північно-західному – за рахунок територіального потенціалу та ресурсу населених пунктів територіальної громади та між населених територій. Західний – у перспективі розвитку, наразі залежить від питань землекористування, оскільки велика частина земель (біля 386,5 га) перебуває у держвласності із цільовим призначенням 01.10 «Для ведення дослідних і навчальних цілей». Крім нових територій для розвитку промисловості та підприємництва, залучення інвестицій, місто володіє і вільними ресурсами у вигляді будівель та споруд різного призначення.

Можливості та загрози, що можуть очікувати місто в розрізі просторового- територіального розвитку наведені на рис 2. Ілюстрація містить SWOT-аналіз, що відображає ключові можливості та загрози для подальшого територіального розвитку міста Тернополя. Наведений аналіз підкреслює, що для сталого розвитку міста необхідно використовувати потенціал незабудованих та реорганізованих територій, водночас мінімізуючи негативний вплив інфраструктурних бар'єрів та запобігаючи дисбалансу між житловим будівництвом та соціальною інфраструктурою.

На прикладі аналізу територіального розвитку міста Тернопіль виявлено ключові можливості (наявність незабудованих територій, розвиток у північно-західному та західному напрямках) та загрози (розділені залізничною мережею, незбалансована забудова, збільшення її щільності).

Встановлено, що ефективна реалізація Генеральної схеми планування території України вимагає не лише стратегічного планування на національному рівні, але й обов'язкового врахування локальних особливо-



Рис. 2. Можливості та загрози територіального розвитку м. Тернопіль

стей мікрорайонування та усунення дисбалансу між житловою забудовою та соціальною інфраструктурою.

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL: https://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Strategy_2030.pdf.
2. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. URL: https://dbn.co.ua/pay/pub01/dbn-B-2212_planuvannya.pdf.

СЕКЦІЯ 2

Наукові досягнення молодих учених та студентів за спеціальністю БЦІ. Напрямки вдосконалення підготовки фахівців за спеціальністю БЦІ

УДК 725.2

Modern Office Design Trends in Morocco: Towards More Human Workspaces

Сучасні тенденції в проєктуванні офісів у Марокко: до більш людських робочих місць

W. Beleghour, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

В. Белегчур, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Дослідження досліджує вплив орієнтованого на людину дизайну на сучасні офісні центри в Марокко, підкреслюючи його роль у формуванні робочих середовищ, що забезпечують комфорт, продуктивність та добробут працівників. У роботі розглянуто архітектурні та планувальні стратегії, які надають пріоритет природному освітленню, гнучким плануванням та зонам для спільної роботи. Результати показують, що офіси, спроектовані з орієнтацією на людину, сприяють кращій соціальній взаємодії, підвищують ефективність праці та покращують якість професійного життя в урбаністичному контексті Марокко.

The research explores the impact of human-centered design on modern office centers in Morocco, highlighting its role in shaping work environments that support comfort, productivity, and employee well-being. The study reviews architectural and spatial strategies that prioritize natural light, flexible layouts, and collaborative areas. Findings show that offices designed with a human-centered approach foster better social interaction, enhance work efficiency, and contribute to a higher quality of professional life in Moroccan urban contexts.

The development of modern Moroccan cities requires the creation of office spaces that ensure comfort, productivity, and social interaction for employees. Modern office centers serve not only as workplaces but also as important elements of the urban structure, influencing the quality of professional and social life [1,2]. A human-centered design approach in their planning integrates comfortable work zones, collaborative spaces, and technological solutions, in line with contemporary urban principles focused on flexibility, inclusiveness, and sustainability [3].

It is therefore relevant to study the architectural and planning strategies for designing office centers that respond to the needs of their users. The main objectives include analyzing the role of human-centered design in enhancing employee satisfaction and productivity, identifying principles of flexibility and social interaction in office planning, and developing recommendations for integrating such centers into the urban environment according to modern trends [4].

Office centers designed with a human-centered approach act as urban and social anchors that activate surrounding areas, foster collaboration, and support professional communities [5]. Their architectural and spatial organization is based on openness, flexibility, accessibility, and integration with urban infrastructure. Key contemporary strategies include zoning for individual and collaborative workspaces, transformable work areas for different activities, visual transparency to strengthen connections between internal and external spaces, and the integration of environmental solutions such as natural lighting, energy-efficient systems, green terraces, and comfortable microclimate conditions [5].

Applying these approaches allows for the creation of dynamic work environments where productivity, comfort, collaboration, and innovation coexist. Next-generation office centers become platforms for social interaction, the development of the creative economy, and the formation of a modern urban identity [3,4]. Thus, human-centered design in contemporary Moroccan office centers is a key tool for enhancing social dynamics, professional efficiency, and the overall quality of life for employees. Further research should focus on developing typological models of office centers that take into account cultural, climatic, and urban characteristics of Moroccan cities [1–3].

In this context, architectural innovation plays a crucial role in redefining the modern workspace in Moroccan cities. By combining traditional design values with advanced technologies and sustainable materials, future office centers can express both cultural identity and global modernity. The use of natural elements, local resources, and energy-efficient systems enhances environmental performance while improving user comfort and well-being. Flexible layouts, adaptable furniture, and transparent partitions promote collaboration and creativity, allowing spaces to adjust to evolving work dynamics. Such strategies transform office centers into balanced ecosystems of efficiency, comfort, and sustainability.

1. Becker, F. (2004). *Offices at Work: Uncommon Workspace Strategies That Add Value and Improve Performance*. Jossey-Bass.
2. Duffy, F. (1997). *The New Office*. Conran Octopus.
3. Vischer, J. C. (2008). *Towards an Environmental Psychology of Workspace: How People are Affected by Environments for Work*. *Architectural Science Review*, 51(2), 97–108.
4. Rashid, M. (2016). *The Geometry of the Workplace: The Future of Office Design*. Routledge.
5. Technopark Casablanca. *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Technopark_Casablanca; Place Pietri Offices, Rabat. *Archidatum*. <https://www.archidatum.com>

UDC 72.01 +725.2

Developing Luxury Tourism in Agadir Through Sustainable Shopping Centers

Розвиток туризму класу люкс в Агадірі через сталий розвиток торговельних центрів

Kamar Soukab, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Камар Сукаб, студентка (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Дослідження розкриває роль сталих розкішних торговельних центрів у розвитку туризму в Агадірі. Показано, як поєднання торгівлі, дозвілля та культури створює привабливі простори для відвідувачів. Такі центри стають частиною цюденного туристичного досвіду та підтримують соціальну взаємодію. Застосування принципів екологічної сталості підсилює якість міського середовища. У результаті вони зміцнюють імідж міста та сприяють розвитку туризму класу люкс.

The study highlights the role of sustainable luxury shopping centers in developing tourism in Agadir. It shows how the combination of retail, leisure, and culture creates attractive spaces for visitors. These centers become part of the everyday tourist experience and support social interaction. The use of sustainable design principles enhances the quality of the urban environment. As a result, they strengthen the city's image and contribute to the growth of luxury tourism.

In recent years, Agadir has exhibited a growing tendency to enhance its tourism appeal through the development of high-quality facilities capable of attracting the luxury tourism segment. Among these, the establishment of upscale shopping centers that integrate sustainability principles represents a strategic approach aligned with both the city's urban development vision and the increasing demand for premium shopping experiences that merge luxury with environmental responsibility [1].

Recent transformations in the architectural design of shopping centers illustrate that integrating ecological solutions-such as energy - efficient systems, sustainable building materials, green spaces, and innovative façades - contributes to creating a distinctive and modern shopping experience [2]. Such approaches enhance the quality of the internal environment, reduce resource consumption, and provide comfortable spaces that meet the expectations of tourists seeking high-end and environmentally responsible services [2].

Sustainable shopping centers also contribute significantly to the local economy by generating employment opportunities, promoting national brands, and providing platforms to showcase high-quality Moroccan products. Furthermore, these facilities encourage the development of diverse cultural and entertainment services, including fine-dining restaurants, small theaters, and art galleries, thereby enriching the tourism experience beyond mere consumption and embedding it within the city's urban identity [3].

From an urban development perspective, these centers play a pivotal role in reinforcing the relationship between luxury tourism and effective city planning. They function as essential urban nodes that structure and guide mobility flows, particularly by improving access routes, facilitating pedestrian and vehicular circulation, and integrating public transport connections. Through these enhancements, shopping centers help reduce congestion in key coastal areas while simultaneously making them more accessible and attractive to both residents and visitors.

In addition to mobility organization, these facilities significantly contribute to strengthening the visual and functional appeal of the coastal zone. By incorporating landscape design, public plazas, shaded walkways, and panoramic viewpoints, they transform the surrounding environment into a dynamic urban destination rather than a purely commercial enclave. These interventions are often accompanied by improvements in public infrastructure - such as upgraded lighting, extended promenades, expanded parking solutions, and enhanced safety measures - which collectively elevate the overall quality of the urban experience moreover, these interventions help activate the waterfront by encouraging longer visitor stays and creating opportunities for social interaction and cultural events. They also support the development of a cohesive urban identity by linking commercial activities with the natural and cultural assets of the coastal environment. As a result, the coastal zone evolves into a vibrant, multifunctional space that attracts both local communities and international tourists alike.

1. Bounoua, L. (2020). Assessment of Sustainability Development in Urban Areas in Morocco. *Urban Science*, 4(2), 18. MDPI. <https://doi.org/10.3390/urbansci4020018>

2. Gil-Cordero, E., Ledesma-Chaves, P., Yoo, S., & Han, H. (2023). Luxury tourism and purchase intention factors: a mixed approach applied to luxury goods. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-20. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01981-8>

3. Tourism Geography: Emerging Trends and Initiatives to Support Tourism in Morocco. (2016). Longdom. <https://www.longdom.org/proceedings/tourism-geography-emerging-trends-and-initiatives-to-support-tourism-in-morocco-45331.html>

4. Brochado, A. (2019). Shopping centres beyond purchasing of luxury goods. *Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing*, 5(1), 46–53.

УДК 728

Modern Residential Buildings as a Tool for the Development of a Comfortable Urban Environment

Сучасні житлові будинки як інструмент розвитку комфортного міського середовища

A. Yassif, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

А. Яссіф, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

У дослідженні розглядається роль сучасних житлових будівель у формуванні комфортного та сталого міського середовища. В ньому аналізуються архітектурні та планувальні методи, що використовуються в житловому дизайні, з фокусом на інтеграції соціальних, екологічних та технологічних аспектів. Підкреслюється важливість житлової архітектури для покращення якості життя та підтримки міського розвитку.

The study examines the role of modern residential buildings in shaping a comfortable and sustainable urban environment. The research analyzes architectural and planning techniques used in residential design, focusing on the integration of social, ecological, and technological aspects. The importance of residential architecture in improving quality of life and supporting urban development is emphasized..

The development of modern cities requires the creation of a comfortable residential environment capable of meeting residents' needs for safety, social interaction, and environmental sustainability. Contemporary residential buildings not only provide physical shelter but also serve as spatial elements that shape urban identity and harmonize with public spaces [1,2].

Architectural and planning solutions for modern housing involve the application of principles such as energy efficiency, adaptability, flexibility, and the use of natural lighting. Significant attention is given to creating communal spaces, green roofs, and open recreational areas, which promote social integration among residents [3].

Therefore, studying contemporary approaches to residential building design in the context of sustainable urban development is highly relevant. The main objectives include analyzing the role of residential facilities in creating a comfortable urban space, identifying principles of their architectural organization, and developing recommendations to improve the quality of the residential environment while considering current trends in urbanism [4].

Contemporary residential buildings play a key role as urban elements that shape the quality and sustainability of the city, influence social interactions among residents, and contribute to the development of local communities [1,2]. Their architectural and planning structure is based on principles of adaptability, flexibility, accessibility, and integration with the urban environment. Among the modern design approaches for residential buildings, the following are particularly important: modularity and transformability of spaces, which allow apartments and common areas to quickly adapt to different functions – from private living to communal activities; visual and functional transparency, which strengthens the connection between interior spaces and the surrounding public environment; zoning of open spaces with the creation of courtyards, green roofs, playgrounds, and recreational areas for informal social interaction; as well as the integration of ecological solutions, including energy-efficient technologies, natural lighting, green roofs, and rainwater collection systems

The application of these principles enables the creation of a dynamic and comfortable residential environment, where social interaction, recreation, and ecological sustainability coexist harmoniously. Modern residential buildings contribute to social cohesion, promote environmentally conscious lifestyles, and support the formation of a strong urban identity [2,4]. Thus, contemporary residential architecture is an essential element in developing the urban environment, improving its social and cultural dynamics, environmental quality, and overall livability.

The architectural and planning formation of residential buildings should be guided by principles of multifunctionality, adaptability, openness, and sustainability. Further research in this field should focus on developing typological models of residential buildings tailored to the specific context of Ukrainian cities, addressing both contemporary urban challenges and the evolving needs of residents [1-4].

- 1.Guideline for Sustainable Building – Future-proof Design, Construction and Operation of Buildings.
https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/publikationen/LFNB_E_160309.pdf?utm_source=chatgpt.com
2. Urban Sustainability: Sustainable Housing and Communities—2nd Edition” (Special Issue).
- 3.Sustainable Built Environments” (Reference work)
https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-1-4614-5828-9?utm_source=chatgpt.com
- 4.Urban housing regeneration strategies for sustainable city development: a systematic literature review”
https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-025-01923-1?utm_source=chatgpt.com

УДК 728.53 + 725.88

Особливості проектування апарт-готелю зі стайнями в складних умовах рельєфу

Features of designing an apart-hotel with stables in difficult terrain conditions

О.А. Вінтер, студент (Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова)

O.A. Vinter, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

У дослідженні розглянуто особливості проектування апарт-готелю зі стайнями в умовах гірського рельєфу Закарпаття. Основна увага приділена поєднанню архітектурної виразності, екологічності та надійності споруд. Використання місцевих матеріалів — каменю, дерева, кераміки — та енергоефективних технологій, як-от сонячні панелі й геотермальне опалення, забезпечує гармонію з природним середовищем

The research explores the design features of an apartment hotel with stables in the mountainous region of Zakarpattia. It focuses on combining architectural expressiveness, environmental sustainability, and structural reliability. The use of local materials — stone, wood, ceramics — and energy-efficient technologies such as solar panels and geothermal heating ensures harmony with the natural landscape.

Проектування на складному рельєфі має забезпечувати не лише функціональність і естетичність, а й мінімальний вплив на довкілля. Сучасні технології дають змогу інтегрувати будівлі в природний ландшафт, зберігаючи екосистеми та природний баланс території [1].

Основними принципами є мінімальна зміна рельєфу, використання зелених дахів і стін, а також місцевих рослин у ландшафтному дизайні. Це допомагає зберегти водні шляхи, флору й фауну, що підтримують екологічну стабільність [2].

Проект апарт-готелю зі стайнями в Закарпатті враховує складний рельєф місцевості та обмежені можливості підведення інженерних мереж і транспорту. Комплекс включає апартаменти, спа-зону, ресторани, басейн на даху й комерційні приміщення.

Основні аспекти проектування:

- **Теплоізоляція та вологозахист** — ретельне утеплення та водовідведення запобігають пошкодженням від опадів і снігу.

- **Стійкість до зсувів** — передбачені інженерні рішення для забезпечення стабільності споруд на складному рельєфі.

• **Раціональне розташування** — стайні розміщені подалі від житлових зон, але зручні для відвідувачів [3].

Для збереження природного середовища втручання в ландшафт мінімізовано. Екологічність забезпечують:

• **Енергоефективні технології** — сонячні панелі, геотермальне опалення, системи збору дощової води.

• **Зелені зони** — відпочинкові простори, сади та зелені дахи, що покращують мікроклімат.

Поєднання готелю зі стайнями— це нетиповий, але надзвичайно перспективний підхід. Для коней створюються комфортні умови утримання, з дотриманням норм вентиляції, температурного режиму та гігієни. Водночас готель пропонує широкий вибір апартаментів:

- Корпус середньої поверховості з басейном, спа-зоною та ресторанами.
- Сімейні котеджі для приватного відпочинку.
- Будинки-дуплекси на першій лінії.

Розташування апарт-готелю в туристично привабливому Закарпатті створює значний потенціал для розвитку регіону. Використання місцевих матеріалів і залучення локальних будівельних компаній сприяє підтримці економіки регіону [4].

Отже, проєкт апарт-готелю зі стайнями в гірському рельєфі Закарпаття поєднує архітектурну виразність, екологічність і технічну надійність. Раціональне використання рельєфу та впровадження сталих технологій забезпечують комфортне середовище для відпочинку й розвитку екотуризму, демонструючи гармонійне співіснування архітектури з природою.

1. Huan, Cheng, & Shaik Azahar, Shaik Hussain. Landscape design of Langya Mountain Scenic Area based on regional culture: A field study // *Journal of Chinese Architecture and Urbanism*. – 2025. – P. 1–18. – Режим доступу: <https://ir.unimas.my/id/eprint/49114/>
2. Карашецький, Я. З. Архітектура гірських туристичних притулків // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. – 2012. – № 728 : Архітектура. – С. 66–70. – Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua/items/83618a1f-9e01-4cc7-a24a-8e3869a32a23>
3. Осипов, О. Ф., Літнарівич, Є. В. Технологія влаштування фундаментів на схилах // *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник / Київ. нац. ун-т буд-ва і арх.* – Київ : КНУБА, 2016. – Вип. 62, ч. 1. – С. 447–454. – Режим доступу: <https://repository.knuba.edu.ua/items/cc04e536-c8d7-447c-aaff-a615d814b124>
4. Рочняк, Ю. А., Карашецький, Я. З. Формування архітектури споруд гірських верховин // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. – 2013. – № 757 : Архітектура. – С. 97–104. – Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua/items/b1e5c129-e3fa-4909-8693-20245a44005d>

УДК 721

Навчальні простори з відкритим плануванням: провідна тенденція формування сучасних освітніх центрів і вплив на освітню діяльність

Open-Plan Learning Spaces: A Leading Trend in Shaping Modern Educational Centers and Their Impact on Educational Activities

Н. С. Дорошко, студент (Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова)

N. S. Doroshko, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Розглядаються особливості архітектурного формування сучасних освітніх центрів з навчальними просторами з відкритим плануванням. Аналізується вплив сучасних методів організації архітектурного середовища, особливо «Caves and Commons», на ефективність та особливості організації освітньої діяльності.

The features of the architectural formation of modern educational centers with open-plan learning spaces are examined. The impact of modern methods of organizing the architectural environment, particularly "Caves and Commons," on the effectiveness and specifics of organizing educational activities is analyzed.

Трансформація навчальних середовищ є ключовим елементом формотворення сучасних освітніх центрів, покликаних відповідати на виклики ХХІ ст. Впровадження навчальних просторів з відкритим плануванням стало провідним архітектурним вираженням цього вектору. Проте, аналіз показує глибокий розрив між архітектурним задумом та освітньою реальністю. Історично, рішення про відкриті простори часто диктувалися архітекторами та адміністраторами без життєздатного педагогічного плану. Дослідження фіксують, що самі по собі будівлі без внутрішніх стін не призводили автоматично до індивідуалізації навчання чи свободи вибору учнів. Більше того, без належної педагогічної інтеграції, ці нові простори можуть ставати «перешкодами» для освіти, не демонструючи покращення академічних результатів чи стабільності педагогічного колективу. Таким чином, проблема полягає у невідповідності між просторовою формою, що пропонується, та педагогічною компетентністю, необхідною для її ефективного використання.

Теоретично, навчальні простори з відкритим плануванням покликані змінити ригідність традиційної класно-урочної системи. Вони створюють середовище для активного навчання, заохочуючи вільну комунікацію та пересування. Така гнучкість сприяє студентоцентрованим підходам,

індивідуалізації навчання та полегшує впровадження міждисциплінарних моделей. Ключовим механізмом реалізації цього потенціалу є архітектурні можливості, які надаються таким простором. До них належить адаптивне та мобільне меблювання: ергономічні сидіння для мобільності, колаборативні столи для групової роботи та ізольовані індивідуальні робочі місця для фокусованої діяльності. Дослідження доводять, що при поєднанні гнучкого простору та адекватної студентоцентрованої педагогіки, студенти проводять значно більше часу у взаємодії з однолітками та у співпраці, і значно менше часу у форматі фронтальної лекції. Однак, подібні простори можуть нести за собою певні виклики, як, наприклад, акустичний дефіцит. Відповідь на ці виклики лежить не в бінарній опозиції «відкритий/закритий», а у переході до збалансованих гібридних моделей. Найбільш перспективною виявляється концепція «Caves and Commons» («Печери та спільноти»). Ця модель поєднує відкриті, гнучкі зони для колаборації та соціальної взаємодії («commons») з малими, акустично ізольованими «печерами» («caves») для тихої, концентрованої індивідуальної роботи. Такий підхід архітектурно вирішує фундаментальний конфлікт навчальних просторів з відкритим плануванням, надаючи окремі, оптимізовані зони для двох несумісних типів діяльності. Це, однак, вимагає свідомого зонування та комплексного акустичного проектування, що включає використання звукопоглинальних матеріалів панелей та, в деяких випадках, активних систем звукового маскуванню.

Вплив навчальних просторів з відкритим плануванням на освітню діяльність не є детерміністичним. Архітектурне «формотворення» діє одночасно як каталізатор та фільтр. Воно каталізує (полегшує та стимулює) колаборативні, студентоцентровані педагогічні практики, що доведено зростанням взаємодії студентів за правильних умов. Водночас, воно діє як жорсткий фільтр, що блокує ефективність традиційних, фронтальних методів через непереборні акустичні та організаційні обмеження. Таким чином, успіх сучасних освітніх центрів залежить від симбіотичної коеволуції збалансованого просторового дизайну (наприклад, «Caves and Commons»).

1. Group of National Experts on Effective Learning Environments. *OECD*. 16.01.2019. URL: [https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/GNEELE\(2018\)3/REV1/En/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/GNEELE(2018)3/REV1/En/pdf) (дата звернення: 06.11.2025). 2. Open Classrooms. *EBSCO*. 17.08.2023. URL: <https://www.ebsco.com/research-starters/education/open-classrooms> (дата звернення: 06.11.2025). 3. How Effective Are Open-plan Schools?. *Giving Compass*. 07.10.2018. URL: <https://givingcompass.org/article/open-plan-schools> (дата звернення: 06.11.2025). 4. Designing for transformation – a case study of open learning spaces and educational chang. *SciSpace*. URL: <https://scispace.com/pdf/designing-for-transformation-a-case-study-of-open-learning-2lgj7b7b68.pdf> (дата звернення: 06.11.2025). 5. The open plan remains an important office design element. *Workplace Insight*. 09.02.2015. URL: <https://workplaceinsight.net/open-plan-remains-important-office-design-element/> (дата звернення: 06.11.2025).

УДК 711

Планування відкритих громадських просторів – частина сталого розвитку територіальних громад

Planning Open Public Spaces is part of Sustainable Community Development

О. Р. Дудка, студент, (Луцький національний технічний університет)

O. R. Dudka, student, (Lutsk National Technical University)

Огляд архітектурних і містобудівних аспектів при проектуванні громадських просторів в цілях сталого розвитку територіальних громад

Overview of architectural and urban planning aspects in the design of public spaces for sustainable development of territorial communities

Відкриті громадські простори формують навколо себе соціальний капітал громади, культурне, рекреаційне середовище [1], і сприятливий клімат для інвестицій. Це можуть бути алеї, вулиці, парки, сквери, площі та інше. Саме архітектура та містобудівне планування визначають, чи буде цей простір затишним, функціональним і доступним для всіх.

Містобудівні аспекти стосуються стратегічного розміщення, зв'язку з оточенням та ролі створеного простору в контексті громади. Під час планування, слід продумувати інтуїтивність зонування і траєкторії руху, співвідношення розмірів ділянки зі щільністю навколишньої забудови та кількістю потенційних користувачів. Важливо, щоб запроєктована територія органічно вливалась в урбаністичну ситуацію населеного пункту, не створюючи надмірного навантаження на інфраструктуру. Це також стосується вдалої інтегрованості у загальні пішохідні, велосипедні і транспортні мережі населеного пункту.

З архітектурної точки зору, середовище повинне бути адаптивним, функціональним, естетично привабливим, інклюзивним і безпечним для перебування людей [2]. Облаштування освітлення, насаджень чи пішохідних маршрутів створюватимуть комфортний простір, а його дизайн стимулюватиме мешканців взаємодіяти та відчувати причетність до своєї громади.

Упорядкування такого типу може бути як рішення для нового життя чи то покинутих, чи то занедбаних місцин.

Наприклад, у Луцьку на перетині вулиць Лесі Українки та Кривий Вал було спроектовано відкритий громадський сквер [3] у вигляді амфітеатру (рис. 1).



Рис. 1. Фото реалізованого об'єкту, з джерела [3]

Раніше ця ділянка, що знаходиться поруч з головною пішохідною вулицею міста, залишалась неосвоєною і не мала жодного натяку на ефективне використання площі. З часом цей простір було переосмислено, і використано його потенціал на повну, адже наразі це місце тяжіння проведення креативних заходів для молодих містян, і не тільки. Водночас, це тихий осередок для відпочинку і спокою, який надихає своєю архітектурною естетикою, цікавим озелененням, новими конструкційними об'ємами і формами. Міський сквер доповнює скульптура «Зерно» [4], яка містить не лише культурно-мистецький сенс, а й благодійний.

Передбачення відкритих, найчастіше малих, публічних місць впливає на формування громадянської ідентичності, розвиток соціального життя, дозволяє та культури [5], підвищує привабливість території для бізнесу, туризму та інвестицій.

Звідси вдалий міський простір у комплексі поєднує архітектурно-будівельні аспекти планування громадського сектору, з урахуванням економічних, соціальних та екологічних умов, що задовільнятимуть потреби теперішніх і майбутніх поколінь, згідно цілей сталого розвитку [6].

1. Gehl J. Life Between Buildings: Using Public Space. Island Press, 2012. 216 p.
2. Проектування громадських просторів з урахуванням змінності функціонального призначення - Metaurban. Metaurban. URL: <https://metaurban.com.ua/proektuvannya-gromadskyh-prostoriv-z-urahuванняm-zminnosti-funkcionalnogo-pryznachennya/> (дата звернення: 10.11.2025).
3. Публічний міський сквер зі скульптурою Зерно | Algorytм NGO - Громадська платформа «Алгоритм дій» URL: [Публічний міський сквер зі скульптурою Зерно | Algorytм](https://algorytм.ngo/projects/skulptura-zerno) (дата звернення: 10.11.2025).
4. Скульптура «Зерно» | Algorytм. Громадська платформа «Алгоритм дій». URL: <https://algorytм.ngo/projects/skulptura-zerno> (дата звернення: 14.11.2025).
5. William H. Whyte (Jr.). The Social Life of Small Urban Spaces. 125 p.
6. Планування розвитку територіальних громад. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Г.Васильченко, І. Парасюк, Н. Єременко / Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 256 с.

УДК 725.8

Поліфункціональні молодіжні центри як інструмент розвитку сучасного міського середовища

Multifunctional youth centers as an element of the development of the modern urban environment

А. О. Завгородня, студентка, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

A. O. Zavorodnia, student, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

У тезах розглянуто роль поліфункціональних молодіжних центрів у розвитку сучасного міського середовища, як важливого соціокультурного компонента міської структури. Було проаналізовано архітектурно-планувальні прийоми формування молодіжних центрів. Зазначено, що поліфункціональні молодіжні центри сприяють формуванню соціально активного середовища, розвитку локальних громад і креативної економіки, підвищуючи якість життя в місті.

The abstract discusses the role of multifunctional youth centers in the development of the modern urban environment as an important socio-cultural component of the city structure. The architectural and planning techniques for the formation of youth centers were analyzed. It is also noted that multifunctional youth centers contribute to the formation of socially active environments, the development of local communities and the creative economy, thereby improving the quality of urban life.

Розвиток сучасних міст вимагає створення простору, здатного задовільнити потреби молодого покоління у спілкуванні, самореалізації та культурному розвитку. Молодіжні центри виступають не лише місцями для дозвілля, а й важливими елементами соціальної та просторової структури міста [1], [2]. Поліфункціональний підхід у їх проектуванні сприяє інтеграції освітніх, культурних, спортивних та громадських функцій, що відповідає принципам сучасної урбаністики, орієнтованої на сталість, інклюзивність та гнучкість міського середовища [3].

Тому актуальним є вивчення архітектурно-планувальних прийомів формування поліфункціональних молодіжних центрів у структурі сучасного міста. Основними завданнями є аналіз ролі молодіжних центрів у формуванні соціально активного міського простору, визначення принципів поліфункціональності у плануванні молодіжних об'єктів а також розроблення рекомендацій щодо інтеграції таких об'єктів у міське середовище з урахуванням тенденцій сталого розвитку [4].

Поліфункціональні молодіжні центри відіграють роль містобудівних акцентів, що активізують навколишню територію, формують осередки соціальної взаємодії та сприяють розвитку локальних громад [5]. Їх архітектурно-планувальна структура базується на принципах відкритості, гнучкості, доступності та взаємодії з міською інфраструктурою. Серед сучасних прийомів формування таких об'єктів варто відзначити модульність і трансформованість простору, що дозволяє швидко адаптувати приміщення до різних функцій – від освітніх подій до креативних воркшопів; візуальну та функціональну прозорість, яка підсилює зв'язок внутрішніх просторів із громадським середовищем; зонування відкритих територій із формуванням площ, амфітеатрів, зелених дворів для неформального спілкування; а також інтеграцію екологічних рішень, зокрема енергоефективних технологій, зелених дахів, природного освітлення та систем збору дощової води [5].

Застосування цих прийомів дає змогу створити динамічне середовище, де гармонійно поєднуються освіта, культура, інновації та відпочинок. Молодіжні центри нового покоління стають платформами соціальної активності, розвитку креативної економіки та формування нової ідентичності міського простору [3], [4]. Таким чином, поліфункціональні молодіжні центри є важливими елементами розвитку сучасного міського середовища, що підвищують його соціальну динаміку, культурну привабливість і якість життя населення. Їх архітектурно-планувальне формування має ґрунтуватися на принципах поліфункціональності, адаптивності, відкритості та сталого розвитку. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на розроблення типологічних моделей молодіжних центрів із урахуванням специфіки українських міст та актуальних потреб молоді [1], [2], [3].

1. Міністерство молоді та спорту України. (2024). Дослідження діяльності та потенціалу молодіжних центрів і просторів. Молодіжна політика, 58, 1–23. https://mms.gov.ua/storage/app/sites/16/Molodizhna_polityka/2024/581923.pdf 2. Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін. (2021). Монографія / За ред. О. І. Шаблія. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 1–120. https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/04/urban_ua.pdf 3. Council of Europe. (2023). The Needs of Youth Centres and Youth Spaces of Ukraine: Research Results. Київський офіс Ради Європи. <https://www.coe.int/uk/web/kyiv/-/the-needs-of-youth-centres-and-youth-spaces-of-ukraine-the-results-of-research-have-been-published> 4. Трошкіна О. А. (2023). Особливості архітектурно-планувальної організації центрів розвитку молоді. Theory and Practice of Design Visibility, вип. 24.2021, 113-122 <https://www.academia.edu/127868978> 5. European Youth Centre Strasbourg. (2022). Architectural Guidelines for Youth Spaces. Council of Europe Publishing. <https://www.coe.int/en/web/youth/eyc-strasbourg>

УДК 721

Питання розвитку територіальних громад: Комплексний план просторового розвитку

Issues of development of territorial communities: Comprehensive spatial development plan

В.В. Угроватий, студент, (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)

Vlad Uhrovatyi, student , (O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Досліджено містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад в умовах децентралізації, акцентуючи на Комплексному плані просторового розвитку (КППР) як ключовому інструменті інтеграції землеустрою та функціонального зонування.

The urban planning and architectural aspects of the development of territorial communities under decentralization are studied, focusing on the Comprehensive Spatial Development Plan (CPDP) as a key tool for integrating land management and functional zoning.

Реформа децентралізації в Україні кардинально трансформувала систему територіального управління, визначивши територіальну громаду (ТГ) ключовим суб'єктом стратегічного та просторового планування. Це зумовило необхідність переходу від традиційного, фрагментарного регулювання до комплексного інтегрованого підходу, здатного забезпечити збалансоване поєднання економічних, соціальних та екологічних імперативів. Актуальність дослідження містобудівних та архітектурних аспектів полягає у необхідності розробки ефективних механізмів впровадження Комплексного плану просторового розвитку (КППР), який вперше об'єднує містобудівну та землевпорядну документацію.

Просторове планування є ключовим інструментом управління розвитком, що забезпечує формування комфортного середовища на засадах сталого розвитку, гармонізуючи економічні, соціальні та екологічні складові. Містобудування охоплює широкий спектр взаємопов'язаних завдань - від раціонального освоєння ресурсів та організації інженерно-технічної інфраструктури до створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов та архітектурно-просторових ансамблів. Комплексний план просторового розвитку охоплює і планувальну організацію, і функціональне призначення території, і

принципи формування єдиної системи громадського обслуговування, і інженерно-транспортної інфраструктури, і заходи цивільного захисту, а також охорони земель та культурної спадщини. Проектні рішення повинні узгоджуватися за принципами «зверху вниз», «знизу вверх» та «по горизонталі» з громадами.

Еколого-ландшафтний імператив є критичним з огляду на зростання гостроти екологічних проблем. Впровадження ландшафтного планування, що ґрунтується на системно-синергетичному світогляді, дозволяє розглядати ландшафт як природно-господарську територіальну систему. У практиці застосовуються екологічні моделі (Ф. Штайнера, К. Стейнціца, Дж. Агерна), які орієнтовані на визначення оптимальних типів землекористування із залученням громадськості. Кінцевою метою є коадаптивна концепція землекористування, що забезпечує узгодження економічної підсистеми з природною сумісністю ландшафту. Архітектурно-планувальний контекст є фундаментальним у формуванні міської ідентичності, яка є вирішальним чинником розвитку. Фізичні компоненти середовища є первинними елементами ідентифікації. У сучасних умовах збереження унікальності досягається ефективним плануванням, що інтегрує історичні аспекти з потребою створення поліфункціональних громадських об'єктів для забезпечення самоврядування та обслуговування населення.

Цифровізація є обов'язковою: Геоінформаційні системи (ГІС) визнані безальтернативним інструментом для автоматизації аналізу та прогнозування. Містобудівна документація розробляється виключно в електронному вигляді, на оновленій картографічній основі в системі УСК-2000. Містобудівний кадастр виступає ключовою системою зберігання геопросторових даних, що ведеться з урахуванням Державного земельного кадастру (ДЗК) та регулюється Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Успішна реалізація потенціалу територіальних громад безпосередньо залежить від якості та інтеграції їхніх містобудівних та архітектурних рішень. Впровадження КППР забезпечує необхідну правову та планувальну синергію між землекористуванням та функціональним зонуванням, створюючи цілісну систему управління територією. Застосування еколого-ландшафтного планування є критичним для досягнення адаптивної стійкості ПГТС. Водночас, архітектурний контекст, підсилений принципами сталості та інклюзивності, є визначальним для формування унікальної міської ідентичності та підвищення соціальної згуртованості. Таким чином, ключові містобудівні та архітектурні аспекти ТГ зосереджені на ефективному використанні ГІС-технологій та нормативної бази для створення комфортного, безпечного та економічно життєздатного середовища.

УДК 721

Проектування мультифункціональних культурно-розважальних центрів

Design of multifunctional cultural and entertainment centers

Чернишенко В.В., магістрант (Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків)

Chernyshenko V.V., master's student (Ministry of Education and Science of Ukraine, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv)

У роботі розглянуто основні підходи проектування мультифункціональних культурно-розважальних центрів (КРЦ) у контексті сучасного містобудування. Проаналізовано архітектурно-планувальні рішення, що сприяють формуванню комфортного міського середовища та задоволенню соціальних і культурних потреб населення.

The paper examines the basic principles of designing multifunctional cultural and entertainment centers (CECs) in the context of modern urban planning. It analyzes architectural and planning solutions that contribute to the formation of a comfortable urban environment and the satisfaction of the social and cultural needs of the population.

Мультифункціональні культурно-розважальні центри (КРЦ) є важливими об'єктами громадського призначення, які поєднують різні функції - культурну, дозвілеву, спортивну, торговельну та освітню. Їх проектування вимагає комплексного підходу, що враховує потреби мешканців, особливості міського середовища та сучасні тенденції сталого розвитку. В умовах урбаністичного розвитку та зростання щільності забудови саме мультифункціональні комплекси дозволяють ефективно використовувати міські території, створюючи комфортне середовище для дозвілля, спілкування й творчості.

Одним із ключових аспектів під час проектування КРЦ є функціональне зонування. Зазвичай у складі таких комплексів передбачаються зони культурно-мистецьких заходів (виставкові зали, театральні сцени, кінотеатри), дозвілля (кафе, фудкорти, дитячі та спортивні простори), а також торговельно-сервісні приміщення. Оптимальне поєднання цих зон забезпечує гнучкість використання простору та привабливість об'єкта для різних груп відвідувачів.

Важливою складовою сучасного проектування, а особливо КРЦ, є енергоефективність та екологічність будівель. Використання природного

освітлення, систем вентиляції з рекуперацією, «зелених» дахів і фасадів зменшує енергоспоживання та покращує мікроклімат приміщень. Все більшої актуальності набувають технології «розумного будинку», системи автоматичного керування мікрокліматом, використання відновлюваних джерел енергії та сучасних матеріалів із низьким вуглецевим слідом. Це відповідає концепції сталого розвитку та сприяє створенню екологічно безпечного міського простору.

Архітектурне рішення КРЦ має забезпечувати зручну навігацію, комфортні комунікації та адаптивність до змінних сценаріїв використання. Застосування мобільних перегородок, модульних меблів і трансформованих сцен дозволяє швидко перепрофілювати простір відповідно до потреб. Особлива увага приділяється інклюзивності - створенню безбар'єрного середовища для людей з обмеженими можливостями, зручних входів, ліфтів, навігаційних елементів та зон відпочинку.

Вдалим є створення відкритих громадських просторів - терас, двориків, амфітеатрів, які стимулюють комунікацію мешканців і формують сучасне обличчя міста. Такі простори стають осередками громадського життя, де поєднуються культура, бізнес і дозвілля.

Успішні приклади подібних проектів спостерігаються в європейських містах: **Forum des Halles** у Парижі, **Zlote Tarasy** у Варшаві, **O2 Arena** у Лондоні. Ці комплекси демонструють гармонійне поєднання архітектурної естетики, функціональної універсальності та комфортного середовища для відвідувачів.

Серед українських прикладів варто відзначити **ТРЦ «Нікольський» у Харкові** - сучасний торгово-розважальний комплекс, розташований у самому центрі міста на перетині вулиць Сумської та Григорія Сковороди. Об'єкт поєднує торговельну, культурну, гастрономічну та рекреаційну функції. Його архітектурна концепція передбачає створення простору відкритого типу з великим атріумом, природним освітленням та прямим виходом до станції метро «Майдан Конституції».

Післявоєнна відбудова українських міст актуалізує потребу у створенні нових типів культурно-розважальних просторів, які б сприяли соціальній реабілітації, підтримці громадських ініціатив і розвитку локальної економіки. КРЦ можуть стати осередками соціальної згуртованості, освітніх проектів і культурного обміну, що є надзвичайно важливим у процесі відновлення міського середовища.

СЕКЦІЯ 3

Проектування, будівництво, реконструкція та відбудова житла

УДК 624.131

**Trends in research on the bearing capacity of bored micropiles
with enlarged base**

**Тенденції досліджень несучої здатності бурових мікропаль
із розширеною п'ятою**

O. T. Hnatyuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv), V. O. Kret, Ph.D. Student (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv)

O. T. Гнатюк, к.т.н., доцент, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького), В. О. Крет, аспірант, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького)

A generalization of experimental and numerical studies of bored micropiles with enlarged bases in various soil conditions over the past 15 years has been conducted. An increase in their bearing capacity compared to the calculated values and the influence of the enlargement geometry on the efficiency of pile performance have been established.

Зроблено узагальнення результатів експериментальних і числових досліджень буронабивних мікропаль з розширеною п'ятою в різних ґрунтових умовах за останні 15 років. Встановлено підвищення їхньої несучої здатності порівняно з розрахунковими значеннями та вплив геометрії розширень на ефективність роботи паль.

Bored cast micropiles with enlarged bases are an efficient foundation solution for buildings and structures constructed in complex engineering and geological conditions, particularly in water-saturated, weak, or heterogeneous soils. Over the past 15 years, a significant number of experimental, in-situ, and numerical studies have been conducted to investigate their behavior, clarify the mechanisms of pile–soil interaction, and improve methods for calculating bearing capacity.

Research results indicate that the actual behavior of the pile–soil system is strongly nonlinear, depending on the soil type, degree of saturation, loading history, and pile geometry. Traditional analytical approaches based on the assumption of

linear-elastic soil behavior fail to adequately describe the real deformation processes, leading to an underestimation of bearing capacity by 20–50%. Therefore, the application of numerical modeling methods that account for the nonlinear properties of soils and the complexity of the stress–strain state is highly relevant.

In recent years, software packages such as PLAXIS 3D, LIRA-SAPR, and ANSYS Workbench, which implement the finite element method, have been actively used to analyze piles of various configurations. Such models allow consideration of nonlinearity, anisotropy, and heterogeneity of the soil medium, construction sequence, and pile–soil contact interaction. It has been established that increasing the diameter or number of enlargements significantly affects the stress distribution along the pile shaft and beneath the base, reducing settlement and increasing bearing capacity.

Field studies conducted in Khmelnytskyi [1], Lviv [2], Poltava [3], and Cherkasy confirmed the effectiveness of bored micropiles with enlarged bases. The ratio between calculated and experimental bearing capacities ranged from 1.1 for sands to 3.5 for loams [4], indicating the complex influence of soil physical and mechanical properties on pile performance and the need for further refinement of predictive models.

Developed numerical and analytical models make it possible to improve the design of foundations, ensuring more accurate prediction of deformations and structural reliability. Future research should focus on the integration of laboratory, field, and numerical methods, as well as the consideration of dynamic and thermal effects during the operation of pile foundations.

1. Корнієнко М.В. Несуча здатність буронабивних паль з розширенням в лесових ґрунтах за результатами статичних випробувань. Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. 2008. № 31. С. 54. 2. Демчина Б., Кунанець Ю., Главацький Є., Сурмай М. Застосування вдавлюваних трубобетонних паль при реконструкції інженерно-лабораторного корпусу ПАТ “Хмельницькобленерго”. Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2020. Вип. 6. С. 64–71. 3. Бойко І. П. Польові методи випробування паль статичними навантаженнями. Основи та фундаменти. 2015. Вип. 36. С. 3-8. 4. Hnatiuk, O., Lapchuk, M., Kosarchyu, V., Mazurak, A., Fabryka, Y. Definition of the bearing capacities of drilled reinforced concrete micropiles by the results of field tests. AIP Conference Proceedings, 2023, 2949(1), 020008.

УДК 624.04:519.6

Numerical calculation of deflections and damage modeling of reinforced concrete beams in ANSYS to enhance the safety of critical infrastructure during wartime

Чисельний розрахунок прогинів і моделювання пошкоджень залізобетонних балок у ANSYS для підвищення безпеки критичної інфраструктури в умовах війни

O. M. Krantovska, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, L. M. Ksonshkevych, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa), M. M. Petrov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Military Academy, Odesa), S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), M. Orešković, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (University North, Varaždin, Croatia)

O. M. Крантовська, к.т.н., доцент, Л. М. Ксьоншкевич, к.т.н., доцент (Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса), М. М. Петров, к.т.н., доцент (Військова академія, Одеса), С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), М. Орешкович, к.т.н., доцент (Північний університет, Вараждин, Хорватія)

An essential condition for the effective restoration of critical infrastructure damaged during wartime is the accuracy and promptness of calculating the load-bearing reinforced concrete structures of its buildings and facilities. For this purpose, modeling in ANSYS is proposed using SOLID186/SOLID187 elements and the modern Concrete Damaged Plasticity model, which allows for accounting for concrete damage, boundary conditions, and applied loads, as demonstrated on continuous two-span reinforced concrete beams.

Умовою ефективного відновлення пошкодженої в умовах війни критичної інфраструктури є точність та оперативність розрахунку несучих залізобетонних конструкцій її будівель та споруд. Для цього на прикладі нерозрізних двопрогінних залізобетонних балок пропонується моделювання у ANSYS із застосуванням елементів SOLID186/SOLID187 та сучасної моделі Concrete Damaged Plasticity, що дозволяє врахувати пошкодження бетону, граничні умови та навантаження.

Continuous two-span reinforced concrete beams are key elements of the load-bearing structures of bridges, industrial buildings, and facilities that belong to urban critical infrastructure. Elements and equipment of engineering networks can be located both inside and outside these buildings and structures. Considering this, the destruction of such buildings and structures, for example as a result of shelling during wartime, may cause disruptions in the functioning of critical infrastructure facilities

such as buildings and structures of engineering and transportation networks. Their rapid restoration requires the use of effective calculation and modeling methodologies based on modern software products, such as ANSYS [1-12 et al.]. In this regard, we have examined the use of ANSYS through the example of numerical deflection calculations and damage modeling of continuous two-span reinforced concrete beams. Their reliability is determined not only by load-bearing capacity but also by deflection control, which affects durability and operational safety. The complexity of the internal behavior of such beams due to the redistribution of bending moments complicates accurate deformation prediction [1-3 et al.].

The development and implementation of numerical methods [4-7 et al.] for analyzing the deflections of continuous two-span reinforced concrete beams, taking into account the nonlinear properties of materials and crack formation, is a relevant area of modern structural mechanics.

A distinguishing feature of this work is the comprehensive use of the Concrete Damaged Plasticity (CDP) model in the ANSYS software package, replacing the traditional SOLID65 element [8] with the more versatile and flexible SOLID186 / SOLID187 elements [9, 10], which allows for more accurate modeling of the nonlinear behavior of concrete and the influence of cracking on the stiffness of the structure [11, 12].

Analytical methods often fail to account for important aspects - such as the nonlinear behavior of materials, crack formation, creep, shrinkage, and potential stiffness changes due to damage. This leads to underestimation of actual deflections and increases the risk of structural non-compliance with safety requirements.

Numerical analysis shows that accounting for nonlinearities and cracking increases deflections by 17-45 % compared to linear models. The results comply with DBN and Eurocode standards. The model makes it possible to predict beam behavior under various operational scenarios.

The scientific novelty lies in adapting the numerical analysis methodology for rapid application in restoration work under wartime conditions, which makes it possible to quickly assess the technical condition of structures and optimize repair decisions. It also includes integrating numerical modeling results with experimental data and regulatory requirements to improve the reliability of predictions and the quality of design solutions. This contributes to the development of engineering methods for designing and repairing reinforced concrete structures with enhanced accuracy, which is especially important in the context of restoring infrastructure under complex crisis and wartime conditions.

In wartime and crisis conditions, structures are subjected not only to long-term static loads but also to abrupt explosive, impact, and dynamic effects. In such cases, instantaneous failure becomes critically important - the rapid initiation and progression of damage that can lead to emergency situations. Numerical modeling in ANSYS that accounts for instantaneous failure makes it possible to assess the risks of

catastrophic failures and damage zones, predict the likelihood of local or complete structural collapse, develop rapid strategies for repair, strengthening, and evacuation, enhance the safety of personnel and residents during hostilities, and optimize the use of resources and materials under difficult conditions.

Using ANSYS with the Concrete Damaged Plasticity model and modern finite elements provides accurate and comprehensive modeling of deflections and damage in continuous two-span reinforced concrete beams. This is especially important in wartime conditions, where it is necessary to account for both slow long-term deformations and instantaneous failures caused by explosive and impact loads.

The proposed approach is scientifically grounded, enables rapid engineering decision-making, optimizes resource use, and contributes to improving the safety and durability of infrastructure under crisis conditions.

1. Krantovska, O., Petrov, M., Ksonshkevych, L. et al. Numerical simulation of the stress-strain state of complex-reinforced elements. *Technical Journal*, 2019, 13(2), 110-115. <https://doi.org/10.31803/tg-20190417112619>
2. Krantovska, O., Petrov, M., Ksonshkevych, L. et al. Improved engineering method for calculating the strength of the supporting areas of reinforced concrete elements. *MATEC Web Conf.*, 2018, 230, 02014. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002014>
3. Krantovska, O. M., Ksonshkevych, L. M., Petrov et al. Deflections of continuous reinforced concrete elements. *TRANSBUD-2019. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 2019, 708(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012061>
4. Krantovska O., Ksonshkevych L., Synii S. et al. Modeling of the stress-strain state of a continuous reinforced concrete beam in ANSYS mechanical. *TRANSBUD - 2021. AIP Conf. Proc.*, 2023, 2684(1), 030021. <https://doi.org/10.1063/5.0142710>
5. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., Zhu, J.Z. *The Finite Element Method: its Basis and Fundamentals* (Seventh Edition). *Butterworth-Heinemann, Elsevier Ltd.*, 2013. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-24909-9>
6. Xiao X. Deflection analysis of two-span reinforced concrete continuous beam under load. *ICACHE 2023, Advances in Engineering Research* 228, 2023. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-336-8_92
7. Mykhalevskyi, N. A., Vegera, P. I., Blikharskyi, Z. Y. The influence of damage to reinforced concrete beam on strength and deformability: the review. *Theory and Building Practice*, 2023, 5(1), 112-119. <https://doi.org/10.23939/jtbp2023.01.112>
8. ANSYS Mechanical APDL 2025 R1. Part IV: Archived Elements. SOLID65. https://ansyshelp.ansys.com/public/account/secured?returnurl=///Views/Secured/corp/v251/en/ans_arch/Hlp_E_SOLID65.html
9. ANSYS Mechanical APDL 2025 R1. Chap. 7: Element Library. SOLID186. https://ansyshelp.ansys.com/public/account/secured?returnurl=Views/Secured/corp/v251/en/ans_elem/Hlp_E_SOLID186.html
10. ANSYS Mechanical APDL 2025 R1. Chap. 7: Element Library. SOLID187. https://ansyshelp.ansys.com/public/account/secured?returnurl=Views/Secured/corp/v251/en/ans_elem/Hlp_E_SOLID187.html
11. ANSYS Mechanical APDL. Theory Reference (Release 2024). *ANSYS, Inc.*, 2024.
12. ANSYS Mechanical User's Guide (Release 2024). *ANSYS, Inc.*, 2024.

УДК 624.011

Інженерний розрахунок багатoshарових панелей з деревини на основі теорії складених стрижнів

Engineering calculation of multilayer wood panels based on composite rods theory

Т. Н. Азізов, д.т.н., професор, (Одеська державна академія будівництва та архітектури), Д. В. Кочкар'єв, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування), О. Ф. Майстренко, к.т.н., доцент, А. Ю. Похнюк, студент, (Одеська державна академія будівництва та архітектури)

T. N. Azizov, Doctor of Engineering, Professor (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture), D. V. Kochkarev, Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering), O. F. Maistrenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, A. Yu. Pokhniuk, student (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture)

Запропоновано методику розрахунку ПКД панелей за допомогою теорії складених стрижнів і стрижневої апроксимації. Показано, що на відміну від існуючих підходів робота панелі розглядається у двох напрямках, а не як балкова система. Враховуючи граничні умови, система диференціальних рівнянь приведена до системи алгебраїчних рівнянь за допомогою розкладання невідомих у ряди Фур'є. Перевага методики полягає у тому, що за її допомогою можна розраховувати панелі з будь-якою кількістю шарів.

A method for calculating PCD panels using the theory of composite rods and rod approximation is proposed. It is shown that, unlike existing approaches, the panel operation is considered in two directions, and not as a beam system. Taking into account the boundary conditions, the system of differential equations is reduced to a system of algebraic equations by expanding the unknowns into Fourier series. The advantage of the method is that it can be used to calculate panels with any number of layers

Панелі з поперечної клеєної деревини (ПКД) використовують і як стінові панелі, і як панелі перекриття. Не зважаючи на те, що ПКД панель перекриття працює у двох напрямках, більшість методів розрахунку розглядають їх як балкові елементи, що не відповідає їх дійсній роботі. Розрахунок ПКД панелей при згині значно відрізняється від розрахунку балок з клеєної деревини не тільки через взаємно ортогональну структуру дошок, але й через граничні умови за яких працюють ці панелі.

У теорії складених стрижнів О.Р. Ржаніцiana (ТСС) розглядається так званий складений стрижень з абсолютно жорсткими поперечними в'язями.

Панель ПКД з високим ступенем точності можна віднести до складеного стрижня з абсолютно жорсткими в'язями.

Для визначення дотичних сил у швах складеного стрижні з абсолютно жорсткими поперечними в'язями у ТСС виведено систему диференціальних рівнянь. Враховуючи граничні умови для ПКД панелей, авторами застосовано розкладення невідомих функцій зусиль у швах складеного стрижня у ряди Фур'є. Це дозволило замість системи диференціальних рівнянь отримати систему алгебраїчних рівнянь.

Використання ТСС дозволяє розраховувати багат шарові панелі з будь-якою кількістю шарів та з будь-якою жорсткістю в'язей зсуву. Після визначення невідомих зусиль у швах складеного стрижня запропоновано підбирати еквівалентну жорсткість умовного суцільного стрижня. Ця жорсткість визначається із умови рівності максимального прогину складеного стрижня із прогином умовно суцільного стрижня. Таким чином визначаються жорсткості одиничної смуги ПКД панелі у одному і перпендикулярному напрямках з врахуванням впливу в'язей зсуву, кількості шарів у кожному напрямку. При цьому при визначенні жорсткості в'язей зсуву, роль яких відіграють шари дошок, розташовані в напрямку, перпендикулярному розглядуваному, враховується так званий роликаний зсув. Знаючи жорсткості у двох взаємно перпендикулярних напрямках, розрахунок ПКД панелі ведеться за допомогою методу стрижневої апроксимації, який запропоновано авторами доповіді. Суцільна плита розглядається як перехресно-балкова система з певним кроком балок у одному і перпендикулярному напрямках. Дослідженнями встановлено, що для того, щоб перехресно-балкова система стала повністю еквівалентною суцільній плиті, необхідно, щоб крутильна жорсткість апроксимуючих стрижнів дорівнювала їх згинальній жорсткості. Після визначення зусиль у стрижневій системі по перехідних формулах визначаються згинальні й крутні моменти у суцільній плиті.

Висновки. Врахування зсуву поперечних дошок суттєво впливає на кінцевий результат максимальних переміщень у середині прольоту ПКД панелі. Розрахунок за теорією складених стрижнів з пропозиціями застосування рядів Фур'є для рішення системи диференціальних рівнянь дозволяє визначити жорсткісні характеристики у двох взаємно перпендикулярних напрямках ПКД панелі.

Перевага застосування теорії складених стрижнів, а також методу стрижневої апроксимації полягає у тому, що при цьому можна розраховувати панелі з будь-якою кількістю шарів. Крім того, теорія складених стрижнів дозволяє враховувати різні жорсткості у швах між складовими стрижнями, різні товщини дошок в шарах ПКД панелі.

УДК 624.012

**Дослідження малоциклової втомленості зчеплення бетону
з металевою арматурою класу А500С**

**Investigation of low-cycle fatigue of concrete bond strength
with A500C steel reinforcement**

**О.В. Андрійчук, к.т.н., доцент, О.С. Чапюк, к.т.н., доцент,
В.В. Волянський, аспірант (Луцький національний технічний університет,
Луцьк)**

**O.V. Andriychuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
O.S. Chapiuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, V.V. Volianskyi,
PhD Student (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

Описано процес зчеплення арматури з бетоном, а також явища малоциклової втомленості зчеплення бетону з металевою арматурою класу А500С. Зазначено, що точна оцінка процесів малоциклової втомленості зчеплення бетону з металевою арматурою класу А500С важлива для прогнозування ресурсу залізобетонних елементів, а такі дослідження дозволяють оптимізувати параметри арматури й бетону.

The process of concrete-to-reinforcement bond, as well as the low-cycle fatigue phenomena of the bond between concrete and A500C steel reinforcement, are described. It is noted that an accurate assessment of the low-cycle fatigue processes of the bond between concrete and A500C steel reinforcement is important for predicting the service life of reinforced concrete elements, and such studies allow for the optimization of reinforcement and concrete parameters.

В залізобетонних конструкціях бетон і арматура працюють спільно – бетон сприймає зусилля на стиск, а арматура – на розтяг, що забезпечує збалансований розподіл напружень. Зчеплення між матеріалами передає зусилля від бетону до армувальних стержнів. Надійне анкерування арматури підвищує жорсткість і тріщиностійкість залізобетонних елементів. Така взаємодія та спільна робота впливає на довговічність і несучу здатність залізобетонних конструкцій.

Малоциклова втомленість зчеплення бетону з арматурою суттєво впливає на роботу залізобетонних елементів під дією змінних навантажень. Це явище призводить до втрати зчеплення арматури в бетоні.

Арматура класу А500С застосовується в будівельних конструкціях завдяки високій міцності та стабільним механічним властивостям. Але при дії повторних циклів навантаження вона втрачає свої механічні характеристики. Зчеплення між бетоном і арматурою формується за рахунок адгезії та

механічного контакту між профілем арматури та бетоном, а при впливі повторних навантажень ці складові втрачають початкові параметри, бо в бетоні навколо стрижня накопичуються мікротріщини. Такі тріщини зменшують фактичну площу контакту, а це призводить до помітного зниження несучої здатності з'єднання.

Варто зазначити, що малоциклові навантаження створюють високі локальні напруження. Ці напруження призводять до виникнення та розвитку пластичних деформації в бетоні, що знижують характеристики анкерування арматури. У зоні контакту арматури з бетоном фіксуються ковзання та розкриття тріщин. Ці процеси проявляються вже на ранніх стадіях навантаження.

Арматура А500С характеризується періодичним профілем. Профіль забезпечує механічне зчеплення з бетоном. Проте малоциклові навантаження здатні призводити до руйнування окремих елементів серповидного профілю арматури. Руйнування ребер зменшує ефективність анкерування. Міцність бетону також визначає стійкість зчеплення.

Варто зазначити, що зростання амплітуди навантаження прискорює руйнацію контакту арматури з бетоном, а кількість циклів впливає на швидкість цієї руйнації. На завершальних циклах спостерігається різке збільшення проковзування арматури. Втомне руйнування зчеплення є ключовим фактором довговічності конструкцій.

Таким чином – точна оцінка цих процесів малоциклової втомленості зчеплення бетону з металевою арматурою класу А500С важлива для прогнозування ресурсу залізобетонних елементів. Такі дослідження дозволяють оптимізувати параметри арматури й бетону.

1. Кислюк Д.Я., Чапюк О.С., Гришкова А.В., Задорожнікова І.В., Савенко В.І. Порівняння границі міцності на розтяг склокомпозитної та металевої арматури. Інновації у будівництві: зб. тез доп. IX Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. здоб. вищої освіти та мол. уч., 14 травня 2024 р., м. Луцьк. ЛНТУ, 2024, 34-35. https://drive.google.com/file/d/1nuaRxx0bNXGvMVHTu-6ebglr_BhueZe4/view 2. Чапюк О.С., Задорожнікова І.В., Волянський В.В. Втомленість зчеплення бетону з металевою арматурою. Інновації у будівництві: зб. тез доп. IX Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. здоб. вищої освіти та мол. уч., 14 травня 2024 р., м. Луцьк. ЛНТУ, 2024, 96-97. https://drive.google.com/file/d/1kiJLOw1W4dtzs_BBvVT6neE4h7M_vvqr/view 3. Чапюк О.С., Задорожнікова І.В., Кратюк О.М. Мінімальна довжина анкерування арматури. Інновації у будівництві: зб. тез доп. IX Міжн. наук.-практ. інтернет-конф. здоб. вищої освіти та мол. уч., 14 травня 2024 р., м. Луцьк. ЛНТУ, 2024, 34-35. https://drive.google.com/file/d/1JJCAyfo6_AyqSSzCkignZzAhIBS3t_uj/view

УДК 624.154.7

Експериментально-теоретичне дослідження роботи буронабивних мікропаль на дію вертикальних вдавлюючих навантажень

Experimental and theoretical study of the operation of bored micropiles under the action of vertical compressive loads

О. Т. Гнатюк, к.т.н., доцент, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), В. М. Максимович, д.т.н., професор, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), Т. Ю. Осадчук, к.т.н., в.о. доцента, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), Ю. М. Фабрика, к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

O. T. Hnatiuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv), V. M. Maksymovych, D.Sc. in Engineering, Professor, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv), T. Yu. Osadchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv), Yu. M. Fabryka, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas)

Проведені експериментальні дослідження та теоретичний аналіз роботи буронабивних мікропаль з поширеною п'ятою та без неї в ґрунтових умовах лабораторії кафедри будівельних конструкцій ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Проведений аналіз залежності несучої здатності мікропаль від опору ґрунту основи під її п'ятою та тертя по боковій поверхні її ствола.

Experimental studies and theoretical analysis of the operation of bored micropiles with and without a wide heel in the soil conditions of the laboratory of building structures of the Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv were conducted. The dependence of the bearing capacity of micropiles on the resistance of the base soil under its heel and friction on the lateral surface of its shaft was analyzed.

Тривалий період у науково-дослідній лабораторії кафедри будівельних конструкцій ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького виконувались експериментальні дослідження несучої здатності буронабивних залізобетонних паль з поширеною п'ятою, розроблених та впроваджених у реальну практику разом з ПП "БКФ"Основа" протягом останніх 10-15 років [1-3].

У відповідності до існуючих методик теоретичного розрахунку несуча здатність палів в цілому залежить від двох складових: від опору ґрунту основи під її нижнім кінцем (п'ятою) та від тертя по боковій поверхні її ствола [4]. З метою експериментальної перевірки цієї залежності на експериментальному полігоні кафедри будівельних конструкцій було виготовлено 3 дослідних зразки мікропалів МП-1, МП-2 та МП-3. Всі досліджувані зразки були виготовлені у попередньо пробурених свердловинах методом шнекового буріння в свердловинах діаметром 200 мм з глибиною закладання 3 м, але різної конструкції.

Мікропала МП-1 була виготовлена без поширення з влаштуванням в забій еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-2 - з поширеною п'ятою діаметром 350 мм, також з влаштуванням під нею еластичної подушки товщиною 100 мм; МП-3 - в обсадній інвентарній трубі діаметром 200 мм, з поширеною п'ятою діаметром 350 мм без еластичної подушки.

Експериментальні дослідження виконувались за схемою статичного вертикального вдавлювання способом ступінчасто-зростаючого навантаження [5]. За критерій міцності було прийняте вертикальне переміщення верхнього оголовка експериментальних зразків мікропалів більше ніж на 4 см. У результаті було встановлено що згідно такого критерію несуча здатність становила 52,5кН для мікропалі МП-1 та 57,5кН для МП-2, 85кН для МП-3.

Був проведений також теоретичний розрахунок осідання дослідних зразків мікропалів у відповідності до вказівок [4]. Виконаний порівняльний аналіз даних на основі таблиць і графіків показав, що несуча здатність (деформативність) за даними експерименту на 29% для МП-1, 32% для МП-2, і 37,5% для МП-3 перевищує результати теоретичного розрахунку.

1. Гнатюк О.Т., Ониськів Б. М., Мазепа О. М. Деклараційний патент на винахід № 2003109615 Україна. Бурунабивна мікропала з поширеною п'ятою. 4 С. Іл.; опубл. 26.05.04, бюл. № 5. 2. Hnatiuk, O., Lapchuk, M., Kosarchyn, V., Mazurak, A., Fabryka, Y. Definition of the bearing capacities of drilled reinforced concrete micropiles by the results of field tests. AIP Conference Proceedings, 2023, 2949(1), 020008. 3. Гнатюк О. Т., Лапчук М. А., Фабрика Ю. М. Несуча здатність бурунабивних залізобетонних мікропалів з різними діаметрами поширення за результатами їх польових випробовувань. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди (збірник наукових праць)*. Рівне, 2022. С. 167-174. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i42.019>. 4. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 104 с. 5. Ґрунти. Методи польових випробувань палями ДСТУ Б В.2.1– 95 (ГОСТ 5686-94). Київ: Укрархбудінформ. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. 57 с.

УДК 624.012.25

Оцінка технічного стану збірних залізобетонних конструкцій для проведення реконструкції виробничо-складського комплексу

Assessment of the technical condition of prefabricated reinforced concrete structures for the reconstruction of a production and warehouse complex

С. Я. Дробишинець, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О.Г. Бондарський, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), П.О. Сунак, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О.П. Шимчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Y. Drobyslynets, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), P.O. O.G. Bondarskyi Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Sunak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), O.P. Shymchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Розглянуто основні особливості оцінки технічного стану збірних залізобетонних конструкцій. Наведено результати обстеження збірних залізобетонних конструкцій для проведення реконструкції виробничо-складського комплексу.

The main features of the assessment of the technical condition of prefabricated reinforced concrete structures are considered. The results of the inspection of prefabricated reinforced concrete structures for the reconstruction of a production and warehouse complex are presented.

На даний час досить поширеною практикою у будівництві є використання б/в збірних залізобетонних конструкцій для спорудження різного роду промислових об'єктів (складів матеріалів, виробничих цехів, навісів і т.д.).

За рахунок використання таких конструкцій забудовники зможуть зекономити певний відсоток коштів на будівництві.

Проте, при використанні даного виду залізобетонних елементів постає ряд питань, які потрібно кваліфіковано вирішувати.

В першу чергу потрібно провести технічне обстеження таких конструкцій на наявність дефектів. Дослідити фізико-механічні характеристики бетону та арматури.

На основі проведених обстежень необхідно розробити рекомендації щодо усунення дефектів та виконати підсилення конструкцій.

Оцінка технічного стану з/б конструкцій здійснюється на основі результатів обстеження технічного стану, під час якого проводиться комплекс робіт по визначенню фактичного зносу конструкцій, визначенню фізико-механічних характеристик бетону та арматури, відповідності навантаженням та впливам, виявленню дефектів і пошкоджень за [1]. При необхідності проводяться роботи з оцінки несучої здатності конструкції з використанням методів перевірочного розрахунку. Технічний стан об'єкта за рівнем придатності до подальшої експлуатації визначають на підставі технічного стану окремих конструкцій і, згідно з [1], характеризують однією з чотирьох категорій: «нормальний», «задовільний», «непридатний до нормальної експлуатації» та «аварійний». Зокрема, для проведення реконструкції виробничо-складського комплексу, одного із промислових підприємств, було проведено інструментальне та візуальне обстеження збірних залізобетонних конструкцій: колон по типу серії КЭ-01-06, підкранових балок марки БК-3К по типу серії КЭ-01-13, балок покриття марки АБ 18-2 по типу серії ПК-01-06, ребристих плит покриття марки ПКЖ-2 по типу серії ПК-01-106, розмірами 1500 x 6000 мм, тощо.

В результаті виконання робіт з технічного обстеження було встановлено, що тривалий період зберігання конструкцій, несприятливий вплив навколишнього середовища привели до ряду незначних пошкоджень та дефектів окремих конструктивних елементів, тобто:

- Збірні залізобетонні колони по типу серії КЭ-01-06 мають пошкодження: оголення та корозія арматури, сколи, корозія закладних деталей. Тріщин немає.

- Збірні залізобетонні підкранові балки марки БК-3К по типу серії КЭ-01-13 мають: незначні сколи, корозію закладних деталей. Спостерігається порушення закладних деталей при демонтажі.

- Збірні залізобетонні балки покриття марки АБ 18-2 по типу серії ПК-01-06 мають: незначні сколи при демонтажі, корозію закладних деталей. Спостерігається частково порушення закладних деталей при демонтажі, вирвані монтажні петлі.

- Збірні залізобетонні ребристі плити покриття марки ПКЖ-2 по типу серії ПК-01-106, розмірами 1500 x 6000 мм, мають: сколи, виколи, частково оголена конструктивна арматура, корозія закладних деталей.

Аналіз результатів інженерних обстежень показує, що внаслідок тривалого періоду експлуатації, несприятливого впливу навколишнього середовища та демонтажі збірні залізобетонні конструкції отримали ряд незначних дефектів та пошкоджень: сколів, виколів, спостерігається корозія конструктивної арматури, а також корозія закладних деталей. Проте, незважаючи на наявність виявлених дефектів, клас і марка бетону будівельних конструкцій відповідає вимогам типових серій періоду їх виготовлення.

УДК 691.32:620.3:620.18

Оптимізація мікроструктури бетону через нанотехнології

Optimization of Concrete Microstructure through Nanotechnology

І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

I.V. Zadorozhnikova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проаналізовано сучасні підходи до покращення мікроструктури цементного каменю через впровадження наноматеріалів та механізми їх впливу на міцність і довговічність бетону. Розкрито роль наночастинок у формуванні щільнішої структури цементного композиту. Проведено аналіз технічних обмежень використання нанодобавок.

The contemporary approaches to improving the microstructure of cement paste through the introduction of nanomaterials and the mechanisms of their influence on the strength and durability of concrete are analyzed. The role of nanoparticles in forming a denser structure of the cement composite is revealed. An analysis of the technical limitations associated with the use of nanomodifiers is provided.

Потреба в матеріалах з підвищеною міцністю, довговічністю та зниженим карбон-слідом стимулює застосування нанотехнологій у цементній матриці. Нанодобавки змінюють процес гідратації, структуру гелю C–S–H та пористість, що призводить до поліпшення механічних та експлуатаційних характеристик бетону. Аналіз досліджень дозволив визначити як різні наноматеріали впливають на мікроструктуру бетону [1-4, 7]. Нано-SiO₂ забезпечує поєднання фізичного заповнення капілярних пор і реактивної взаємодії з Ca(OH)₂, утворюючи додатковий C–S–H. Типові дози для позитивного ефекту — від 0,5 до 3 мас.% від маси цементу; перевищення цієї дози може призвести до погіршення реології суміші. Графен діє як нанорезистент і нуклеаційний катализатор гідратації, а ключова проблема це рівномірне диспергування. Сучасні підходи включають поверхневі модифікації та використання суперпластифікаторів. Вуглецеві нанотрубки CNT підвищують тріщиностійкість і в'язкість цементного каменю, але мають високі витрати на матеріал і складність дисперсії. Інші: наноклей, nano-CaCO₃, нанопорошки оксидів металів Nanoclays і nano-CaCO₃ поліпшують реологію та діють як центри нуклеації; nano-CaCO₃ також використовується для заміщення частини цементу.

Незважаючи на певні позитивні моменти існують певні виклики: нано-SiO₂ стабільно підвищує міцність на стиск і знижує проникність; графен дає

мультифункціональні властивості, одна з яких міцність, але потребує вдосконалених методів дисперсії; CNT підвищують тріщиностійкість, проте їх застосування обмежене економічною складовою. Але поєднання нанодобавок з мікро-волокнами дає значний ефект, а саме: збільшення міцності на стиск у межах 10–40 %, зниження водопоглинання та проникності хлоридів.

Основні проблеми: дисперсія наночасток, економічна доцільність, стандартизація методик, оцінка ризиків для здоров'я та навколишнього середовища. Рекомендовано проводити LCA (life-cycle assessment) та розробляти стандартизовані протоколи контролю якості сумішей з нанодобавками.

Українські дослідники зосередилися на практичних аспектах: використання нано-SiO₂ в сумішах з переробленими заповнювачами, покращення однорідності тонкозернистих бетонів та адаптація методик дисперсії під локальні матеріали і хімічні реагенти [5, 6, 8,].

Нанотехнології, безумовно, дають значний потенціал для оптимізації мікроструктури бетону: підвищення міцності, довговічності і функціональних властивостей. Однак для широкого впровадження необхідні стандартизація, оцінка життєвого циклу та економічна оптимізація.

1. Qureshi A.H., Ahmad N., Rana M.A.A., Manzoor B., Zayed T. Construction sector transition towards smart applications of graphene oxide in cement-based composites: a scientometric review and bibliometric analysis // *Buildings*. — 2024. — Vol. 14, №10, Art. 3042. — DOI:10.3390/buildings14103042.
2. Khan K., Ahmad W., Amin M.N., Nazar S. Nano-Silica-Modified Concrete: A Bibliographic Analysis and Comprehensive Review of Material Properties. *Nanomaterials*. 2022;12(12):1989. DOI: 10.3390/nano12121989
3. Yang Q., Yang Q., Peng X., Xia K., Xu B. A Review of the Effects of Nanomaterials on the Properties of Concrete. *Buildings*. 2025;15(13):2363. DOI: 10.3390/buildings15132363
4. Ranjan M., Kumar S., Sinha S. Nanosilica's Influence on Concrete Hydration, Microstructure, and Durability: A Review. *Journal of Applied Engineering Sciences*. 2024;14(2):322–335. DOI: 10.2478/jaes-2024-0040.
5. Bieliatynskiy, A., Trachevskiy, V., Yang, S., et al. Research of nano-modified plain cement concrete mixtures and cement-based concrete // *International Journal of Concrete Structures and Materials*. — 2023. — Article number: 50. — DOI: 10.1186/s40069-023-00601-8.
6. Martynov, V., Gara, A., Gara, A. Determining technological parameters for stabilizing the porous structure of silica concrete // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. — 2025. — Vol. 1(6 (133)), pp. 35–41. — DOI: 10.15587/1729-4061.2025.322462.
7. Domínguez-Santos, D., Muñoz, P., Morales-Ferreiro, J.O. et al. Reinforced Concrete with Graphene Oxide: Techno-Economic Feasibility for Reduced Cement Usage and CO₂ Emissions. *Int J Concr Struct Mater* 19, 52 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40069-025-00793-1>.
8. Marushchak, U., Sanytsky, M., Mazurak, T., & Olevych, Y. (2016). Research of nanomodified portland cement compositions with high early age strength. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(6 (84), 50–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.84175>

УДК 624:011

Забезпечення якості виконання будівельно-монтажних робіт при покращенні енергоефективності будівель

Ensuring the quality of construction and installation work while improving the energy efficiency of buildings

О. А. Пахолук, к.т.н., доцент , (Луцький національний технічний університет), П.В. Пилип'юк, магістр (Луцький національний технічний університет)

O. A. Pakholiuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University), P.V. Pylypiuk, Master (Lutsk National Technical University)

Утеплення трубопроводів системи опалення є одним із ключових заходів з термомодернізації будівель. Встановлено, що для неопалюваних приміщень захід є високоокупним. При його виконанні фіксується низка суттєвих недоліків. Проаналізовано специфіку, переваги та недоліки ключових теплоізоляційних матеріалів; систематизовано типові дефекти при роботі та експлуатації.

Insulation of heating system pipelines is one of the key measures for thermal modernization of buildings. It has been established that for unheated premises the measure is highly profitable. During its implementation, a number of significant shortcomings are recorded. The specifics, advantages and disadvantages of key thermal insulation materials have been analyzed; typical defects during operation and maintenance have been systematized.

Загальною підставою для підвищення енергоефективності будівель і населених пунктів є докорінна модернізація їх систем теплопостачання і теплоспоживання. В Україні вони є одними з найбільших споживачів енергоресурсів, а отже, містять значні резерви підвищення енергоефективності [1]. В цілому житловий сектор України складає близько 30% споживання енергії. Тому термомодернізація дозволить підвищити енергобезпеку країни, а це сьогодні надважливо.

Одним із високоокупних заходів є утеплення трубопроводів системи опалення у приміщеннях з низькими температурами (підвал, техпідпілля, горище). У той же час, навіть при виконанні такого досить нескладного заходу, є низка суттєвих недоліків, які зустрічаються на різних об'єктах навіть у перевірених підрядників. На жаль, різке зменшення кваліфікованих виконавців, пов'язане із захистом Вітчизни, теж не приєє підвищенню якості робіт. Стан існуючих трубопроводів дуже різний, у багатьох випадках теплоізоляція відсутня, недостатня або суттєво ушкоджена (рис. 1). Тому для якісного

збереження тепла критично важливо забезпечити відповідну товщину і якість утеплювача.



Рис. 1. Стан значної кількості існуючих трубопроводів

Найпоширеніші недоліки при теплоізоляції трубопроводів наведені у табл. 1).

Таблиця 1. Типові дефекти при утепленні

	Дефект 1: Неізольований торець утеплювача
	Дефект 2: Неякісно ізольований утеплювач
	Дефект 3: Ізоляція невідповідними матеріалами
	Дефект 4: Ушкодження ізоляції при монтажі
	Дефект 5: Ізоляція матеріалами невідповідної товщини

Як видно із табл. 1, дефекти 1-4 виникають, в основному, через недбалість виконавців і, можливо, через незнання технології. Тому вони легко усуваються контролем за виконанням робіт. Дефект 5 належить, швидше, до незнання норм на утеплення. Цей дефект теж нескладно усунути, вивчивши вимоги діючих норм [8]. Мінімальна товщина теплоізоляції трубопроводів наведена у таблиці Б.1 [8] і залежить від внутрішнього діаметра труби.

Однак, навіть за якісного виконання робіт існує небезпека механічного ушкодження теплоізоляції. Цьому сприяють коти та птахи (в основному голуби), які нищать утеплювач. Тому доступ тварин та птахів у місця розташування комунікацій необхідно жорстко обмежувати.



Рис. 2. Ушкодження шару утеплювача

Для покриття та обгортання (механічного захисту) теплоізоляції труб використовують пластик (PVC), алюміній, листове залізо, листове залізо з покриттям, кожух із нержавіючої сталі, покрівельний руберойд, склопластик РСТ, склотканини вкриті алюмінієвою фольгою.

На основі проведеного аналізу можемо зробити такі висновки.

1. Утеплення трубопроводів системи опалення в приміщеннях, що не опалюються, є важливим етапом термомодернізації.

2. На даний момент галузь відчуває велику нестачу кваліфікованих працівників.

3. Основні недоліки при утепленні можуть бути доволі легко усунуті ретельнішим контролем і детальнішим ознайомленням із технологією виконання робіт та нормативними документами.

1. Передові системи термомодернізації будівель і споруд. Навч. курс «Передові системи термомодернізації будівель і споруд» з проф. «Монтажник систем утеплення будівель»: навч. посіб. / Надія Іволжатова, Тетяна Дрімко, Тарас Холеван та ін. — Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2020. - 116 с. <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2020/10/27/Thermal%20modernization.pdf> 2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

УДК 624.074.4

Методика розрахунку криволінійних оболонок у програмному комплексі ЛІРА-САПР

Calculation methodology of curved shells in LIRA-SAPR software

М. В. Ройко, студент, Р. В. Пасічник к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет).

M. V. Royko, student, R. V. Pasichnyk, Associate Professor, Ph.D. in Engineering, (Lutsk National Technical University).

Розглянуто особливості розрахунку тонкостінних оболонок із застосуванням криволінійних сіток у програмному комплексі ЛІРА-САПР.

Examined are the specific features of analyzing thin-walled shells using curvilinear grids within the LIRA-SAPR software package.

Методика розрахунку тонкостінних оболонок із застосуванням криволінійних сіток у програмному комплексі ЛІРА-САПР базується на поєднанні оболонкових скінченних елементів і лінійних елементів типу балок, що задаються вздовж заданих криволінійних траєкторій. Такий підхід дозволяє відтворити просторову роботу підсилювальної решітки та оцінити вплив орієнтації ребер на жорсткість і несучу здатність конструкції.

Геометрію оболонки задають у вигляді тонкої просторової поверхні, сформованої набором граничних контурів. У випадку складної кривизни рекомендується використовувати імпорт геометрії з САД/САПР-систем із подальшою дискретизацією в середовищі ЛІРА-САПР.

Криволінійні траєкторії задаються у вигляді просторових ліній, що проходять уздовж напрямів головних напружень або отримані за результатами параметричної оптимізації. Траєкторії можуть формуватися: за допомогою лінійного інтерполятора по вузлах оболонки; через імпорт кривих з графічних редакторів; шляхом побудови ліній уздовж ізопараметричних напрямів поверхні.

Траєкторії сітки повинні бути замкнутими або мати спільні точки на контурі для забезпечення сумісності переміщень.

Поверхня дискретизується скінченними елементами типу 44 або 241, придатними для моделювання тонких і середньої товщини оболонок. Для моделювання ортотропної поведінки застосовується задання напрямів ортотропії через локальні осі елементів.

Підсилювальна сітка моделюється елементами типу 210 або 230, що дозволяють врахувати згин, стискання, зсув і крутіння. Усі ребра повинні бути прив'язані до вузлів оболонки для забезпечення сумісності модельних переміщень. Основні параметри, які задаються: площа перерізу A_s ; моменти інерції I_x , I_y ; модуль пружності E_s ; коефіцієнт зсуву k_s ; жорсткість на кручення J . У випадку криволінійних стрингерів, що мають малий радіус кривизни, рекомендується використовувати дрібніший крок між вузлами для коректного відображення геометрії.

Якщо сітка використовується для підсилення великої площі і має частий крок, можливе застосування еквівалентної моделі. У цьому випадку оболонці задається ортотропний матеріал з еквівалентними параметрами:

$$E_1, E_2, G_{12}, D_1, D_2$$

що визначаються за формулами гомогенізації. Такий підхід дозволяє значно знизити кількість елементів моделі та прискорити розрахунок. Однак він менш точний для локальних зон підвищеної кривизни або нерівномірного кроку сітки.

Закріплення оболонки виконується за схемою конструктивної прив'язки: жорстке защемлення по контуру, шарнірне опирання або комбіновані варіанти. Для уникнення появи небажаних переміщень необхідно забезпечити мінімальну кількість ступенів свободи, які фіксують тіло від плоского чи просторового руху.

Для оболонок застосовують: рівномірні навантаження q ; зосереджені сили; температурні впливи; комбіновані навантаження вітрові та снігові за ДБН.

Навантаження задається на елементи оболонки, тоді як балочна сітка сприймає індукційовані внутрішні зусилля через вузлові зв'язки.

На етапі лінійного статичного аналізу визначаються переміщення, мембранні та згинальні зусилля в оболонці, а також сили та моменти у стрингерах. Результати використовують для перевірки жорсткості та оцінки напружених станів у контрольних перерізах.

Лінійний аналіз стійкості дозволяє отримати власні форми втрати стійкості:

$$(K_t + \lambda * K_\sigma) * \varphi = 0$$

де K_t — матриця жорсткості, K_σ — геометрична жорсткість,

λ — критичний коефіцієнт навантаження.

Отримані форми деформацій дозволяють визначити ефективність сітки та корегувати її геометрію.

Геометрично нелінійний аналіз для оболонок малої товщини проводиться розрахунок з урахуванням їх нелінійної роботи:

$$K_{total} = K_{lin} + K_{geo}$$

Метод ітерацій Ньютона забезпечує збіжність при великих прогинах або втраті стійкості.

Оцінка результатів передбачає перевірку: переміщень у контрольних точках; максимальних нормальних і зсувних напружень; напруженого стану ребер сітки; форми втрати стійкості; несучої здатності у післякритичному стані. За необхідності проводиться варіантний аналіз із корекцією кроку, перерізу та орієнтації криволінійних ребер. Для покращення точності моделі рекомендується для оболонок з подвійною кривизною застосовувати дрібну сітку елементів 44 або 241 з аспектним співвідношенням не більше 1:3. Поздовжні ребра жорсткості рекомендується прив'язувати до вузлів оболонки без проміжних елементів. Для криволінійних ребер радіус кривизни повинен бути достатньо плавним відносно кроку дискретизації. Геометрична нелінійність повинна застосовуватися при товщині оболонки менше $1/200$ мінімального розміру конструкції. При використанні еквівалентної ортотропної оболонки бажано виконати контрольну модель з реальними балковими елементами для оцінки похибки.

Застосування методу криволінійних сіток у ЛІРА-САІР забезпечує коректне моделювання роботи підсилених оболонок і дозволяє комплексно оцінити жорсткість, напружений стан та стійкість конструкції. Поєднання оболонкових і балкових елементів забезпечує високу точність розрахунку, тоді як можливість використання еквівалентної ортотропії дозволяє оптимізувати обчислювальні ресурси.

1. Ding, C., et al. An efficient and robust shape optimization framework for gridshell designs (node-shifting method). *Engineering Structures*. 2024. 2. Lv, H., et al. Minimum mass optimization of curved grid-honeycomb structures. *Thin-Walled Structures*. 2024. 3. Alhajahmad, A., et al. Mass optimization of curved grid-stiffened composite panels. *Composite Structures*. 2021. 4. Huang, Z., Tian, Y., Xia, Q. A level-set-based density method for buckling optimization of structures with curved grid stiffeners. *Applied Sciences*. 2023. 5. Lian, X., et al. Buckling optimization of curved grid-stiffened helicoidal composite panel. *Composite Structures*. 2023. 6. Shi, J., et al. Curved grid connector for concrete sandwich shell. *Engineering Structures*. 2025. 7. Zhou, Z., et al. Generative design method of grid-stiffened curved shells. *Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2025. DOI: 10.1007/s00158-024-03950-4. 8. Dyrvik, S. H., et al. Gridshells in recent research — a systematic mapping. *Applied Sciences*. 2021. 9. Block, P. Rethinking naturally shaped flexible grid structures. *IASS Symposium 2024*. (конференційна доповідь) 10. Chagraoui, H., Soula, M. Buckling performance optimization of sub-stiffened composite panels with straight and curvilinear sub-stiffeners. *Sādhanā*. 2024. 11. Пасічник Р. В. Застосування методу криволінійних сіток для розрахунку ротонди на стійкість в залежності від жорсткості з'єднувальних елементів / Р. Пасічник // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне, 2009 – Вип. 19. – С. 283 – 290.

Особливості експлуатації та функціонування будівельної техніки

Features of operation and functioning of construction equipment

І. Я. Рольський, здобувач вищої освіти (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), **Р. І. Розум**, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), **А. Є. Буяк**, к.т.н., ст. викладач (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

I. Ya. Rolsky, higher education student (West Ukrainian National University, Ternopil), **R. I. Rozum**, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (West Ukrainian National University, Ternopil), **A. E. Buyak**, Ph.D. in Engineering, senior lecturer (West Ukrainian National University, Ternopil)

У роботі розглянуто основні особливості роботи та експлуатації будтехніки, яка є невід'ємною складовою сучасного будівельного виробництва, описано умови її функціонування, зокрема вплив кліматичних і технологічних факторів, циклічний характер виконання операцій, високі навантаження на механізми та необхідність дотримання технічного обслуговування.

The paper examines the main features of the operation and operation of construction equipment, which is an integral part of modern construction production, and describes the conditions of its functioning, in particular the influence of climatic and technological factors, the cyclical nature of operations, high loads on mechanisms, and the need for maintenance.

Будівельна техніка відіграє важливу роль у сучасному будівництві, адже саме вона забезпечує виконання складних технологічних процесів, підвищує продуктивність праці та сприяє зниженню фізичних навантажень на працівників. Використання різних видів машин і механізмів дозволяє виконувати роботи швидше, точніше та безпечніше, ніж вручну. Разом з тим, робота будівельної техніки має свої особливості, пов'язані з умовами експлуатації, характером виконуваних завдань та вимогами до надійності. Однією з головних особливостей є різноманітність умов, у яких працює будівельна техніка. Вона може виконувати роботи на відкритих майданчиках, у закритих приміщеннях, у спеку, мороз, під дощем чи в умовах запиленості. Техніка повинна витримувати вплив вологи, пилу, перепадів температур і вібрацій, тому конструкції машин робляться міцними, стійкими до зношування та пристосованими до роботи в різних кліматичних умовах.

Будівельні машини працюють під великими навантаженнями. У процесі роботи вони зазнають значних механічних впливів – ударів, вібрацій, змін швидкості та напрямку руху. Робота більшості машин носить циклічний характер. Для прикладу, екскаватор повторює послідовність дій – копання, підйом, поворот, вивантаження ґрунту. Подібним чином діють бульдозери, крани, бетонозмішувачі та інша техніка. Така циклічність вимагає стабільної роботи механізмів, узгодженості дій усіх частин машини та точного дотримання робочого ритму. Це створює потребу у регулярному технічному обслуговуванні, своєчасній перевірці стану механізмів, мастил і гідравлічних систем. Лише за умови належного догляду техніка може працювати ефективно й без збоїв [1].

Ще однією важливою особливістю є необхідність точного виконання технологічних операцій. Сучасне будівництво вимагає високої точності при встановленні конструкцій, плануванні поверхні, бетонуванні чи укладанні дорожнього покриття. Для досягнення таких результатів будівельні машини оснащуються електронними системами контролю, лазерними рівнями, навігаційними приладами GPS та автоматичними регуляторами положення.

Оскільки будівельна техніка працює у середовищі з підвищеною небезпекою, особливе значення має безпека її експлуатації. Машини повинні бути обладнані надійними гальмами, сигналізацією, захисними пристроями, а їхні оператори – пройти відповідну підготовку та дотримуватись правил техніки безпеки. Будь-яке порушення цих вимог може призвести до аварій або травм.

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі все більшої уваги набувають питання енергозбереження та екологічності. Виробники техніки прагнуть знизити витрати палива, зменшити рівень шуму й викиди шкідливих речовин. З'являються машини з електричним або гібридним приводом, які працюють тихіше та з меншою шкодою для довкілля.

Таким чином, будівельна техніка є складним поєднанням потужності, точності й технологічності. Вона повинна не лише виконувати значні обсяги робіт, але й забезпечувати їх високу якість та безпеку. Ефективна експлуатація машин можлива лише за умови дотримання технічних регламентів, своєчасного обслуговування та використання сучасних систем контролю. Саме завдяки цьому будівельна техніка залишається ключовим елементом розвитку сучасного будівництва.

1. Буряк М.В., Розум Р.І., Захарчук О.П., Попович П.В., Прогній П.Б., Чорній Л.Н. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип. 7(38). - С. 143-150. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.143-150](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.143-150)

УДК 693

Інновації модульного будівництва: переваги, виклики та можливості

Innovations in modular construction: advantages, challenge, and opportunities

Ротко С.В., к.т.н., доц., Новосад М.Р. студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Rotko S., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Novosad M., student (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджено суть модульного будівництва: визначено основні принципи та особливості технології, яка базується на використанні заводських блокових елементів.

The study examines the essence of modular construction: the key principles and features of the technology, which is based on the use of factory-manufactured block elements.

Модульне будівництво - новий напрямок у будівництві, в основі якого лежить використання готових блокових елементів, що випускаються на заводах. Завдяки високій швидкості виробництва, економічності та екологічності ця технологія стає все більш популярною. У нинішньому стані стрімкого розвитку міст, потреби у тимчасових будівлях і зростаючого попиту на енергоефективність, модульне будівництво є особливо важливим.

Модульне будівництво відрізняється від традиційної технології низкою переваг. По-перше, це суттєве скорочення часу будівництва. Це пов'язано з тим, що будівництво модуля відбувається на заводі паралельно з підготовкою будівельного майданчика. Таким чином, терміни будівництва скорочуються на 30-50% порівняно з класичними методами. По-друге, стандартизація модулів зменшує їх вартість, що робить їх доступними для масового використання. Крім того, модульна конструкція екологічніша. Правильне використання матеріалів зменшить кількість будівельного сміття. А деякі частини можна використовувати повторно пізніше. Гнучкість – ще одна важлива перевага. Модульну структуру можна легко змінювати, редагувати за допомогою додавання нових блоків. Такі будівлі можуть бути швидко демонтовані та перенесені в інше місце. Це робить модульні будівлі особливо привабливими для тимчасових споруд, таких як будинки для внутрішньо переміщених осіб, мобільні госпіталі, школи, офіси тощо.

На етапі планування важливо врахувати кілька важливих моментів. Стандартизація обладнання є основою технології. Габаритні розміри та технічні

характеристики установки повинні відповідати вимогам до монтажу, транспортування і використання.

Модульна конструкція будівлі передбачає впровадження енергоефективних рішень. Особливо із застосуванням сучасних ізоляційних матеріалів. Сонячні батареї, системи збору дощової води та ін. У процесі розробки враховуються не тільки статичні навантаження, але й динамічні впливи. Це особливо важливо для районів з високою сейсмічною активністю.

Інженерні системи інтегруються в модулі ще на заводському етапі. Це стосується водопостачання, електрики, вентиляції, опалення та навіть часткового внутрішнього оздоблення. Цей спосіб дозволяє скоротити обсяг робіт, що виконуються на будівельному майданчику.

Створення модульної конструкції складається з кількох етапів. Спочатку модулі проектують і виготовляють на заводі, в основі – металеві або залізобетонні каркаси, які забезпечать міцність і довговічність. На другому етапі готують будівельний майданчик: облаштовують фундаменти, проводять зовнішні комунікації, встановлюють допоміжні конструкції для монтажу обладнання.

Третій етап передбачає переміщення модулів на місце встановлення за допомогою підйомного механізму. Завдяки високій точності виготовлення всі компоненти легко збираються. Завершальним етапом є закладення швів і виконання оздоблювальних робіт.

Модульні конструкції широко застосовують у різних сферах. У житловому секторі – для будівництва багатоквартирних будинків, гуртожитків, приватних будинків. У комерційному секторі популярні модульні офіси, торгові центри та готелі. Ця технологія дозволяє швидко будувати школи, лікарні та дитячі садки. Особливий інтерес викликає застосування модулів у надзвичайних ситуаціях: для забезпечення тимчасового житла, мобільних штабів або медичних пунктів. Завдяки своїй мобільності такі споруди можна легко транспортувати у зони, де існує гостра потреба у житлових чи робочих приміщеннях.

Основна проблема полягає у переміщенні великої та об'ємної одиниці від виробника до місця дислокації. Важливим є забезпечення міцності конструкції та пристосованості до кліматичних умов. Сучасні технології, зокрема використання антикорозійних матеріалів, автоматизація виробництва та впровадження систем "розумного дому", дозволяють долати ці труднощі. Модульне будівництво демонструє значний потенціал розвитку, зокрема у відповідь на зростаючий попит на швидке та екологічне будівництво. Його інтеграція в архітектурні проекти майбутнього сприятиме формуванню більш ефективного, сталого та комфортного середовища.

УДК 69.05

3D друк будівель і споруд: сучасний стан, економічна ефективність і перспективи в Україні

3D printing of buildings and structures: current status, economic efficiency and prospects in Ukraine

Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожнікова І.В., к.т.н., доц., Василюк В.Л., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, I. Zadorozhnikova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, V. Vasilyuk, student (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджується розвиток технології 3D-друку в будівництві, яка в останні роки трансформує традиційні методи зведення будівель. Технологія дозволяє суттєво скоротити час будівництва, знизити витрати на матеріали та робочу силу, а також зменшити екологічний вплив будівництва. Особливу увагу приділено аналізу впровадження 3D друку в Україні, де ця технологія стає інструментом відновлення зруйнованого житлового фонду та оптимізації будівельної галузі.

The paper examines the development of 3D printing technology in construction, which in recent years has transformed traditional building construction methods. The technology allows for significant reductions in construction time, material and labor costs, and reduced environmental impact of construction. Particular attention is paid to the analysis of the implementation of 3D printing in Ukraine, where this technology is becoming a tool for restoring dilapidated housing stock and optimizing the construction industry.

Загальний світовий тренд демонструє стрімке зростання використання 3D друку для житлового, комерційного та промислового будівництва. Так, у США компанія ICON друкує індивідуальні житлові будинки за 5-7 днів, орієнтовна вартість яких при площі 50 м² – до 20 тис. доларів. А в Мексиці за короткий час вирішили проблему доступного житла – надрукували ціле селище, при цьому вартість будинка склала 10 тис. доларів. У Китаї компанія WinSun надрукувала за 48 годин п'ятиповерховий житловий комплекс, при цьому використавши суміш з переробленого бетону, а в ОАЕ ведуть 3D друк офісів і павільйонів з амбіцією зробити цю технологію стандартом до 2030 року. В Європі та США активно експериментують із біорозкладними матеріалами, сумішами з глини та інноваційними принтерами, які можуть працювати з місцевими матеріалами [1].

В Україні 3D друк будівель поки що на початковому етапі, хоча актуальність цієї технології важко переоцінити, особливо на стадії післявоєнного відновлення, коли потрібно буде швидко відбудувати тисячі

будівель. Проте вже є українські проекти з друку автономного модульного житла у Львові, бетонних елементів для садових будинків і тестування модульних конструкцій у Харкові та Дніпрі. Столична 3D Lab Ukraine адаптує світові інноваційні технології до наших кліматичних умов, а технопарк BauTech в Одесі випробовує промислові 3D принтери для швидкого забезпечення тимчасовим житлом населення на звільнених територіях. Проте масове впровадження гальмує відсутність адаптованих будівельних норм, потреба у сертифікації 3D конструкцій, матеріалів тощо. Поки не вистачає кваліфікованих спеціалістів, які б володіли знаннями й навичками одразу в кількох напрямках – програмуванні, будівництві, матеріалознавстві. Спеціальні суміші для 3D друку досить дорогі через постачання з-за кордону [2,3,4].

Економічна ефективність 3D друку в Україні значною мірою залежить від зниження собівартості за рахунок автоматизації процесів, локалізації виробництва матеріалів і скорочення логістичних витрат. Аналіз фінансових показників підтверджує, що масштабування 3D друку допоможе знизити середні витрати та підвищити конкурентоспроможність галузі. Для успішного масштабування необхідна державна підтримка через інноваційні кластери, гранти та пільгове кредитування [5].

Перспективи розвитку 3D друку включають використання багатоматричного друку з інтеграцією штучного інтелекту та робототехніки, що відкриває новий рівень інновацій у галузі. Технологічні тренди 2025 року свідчать про перехід від експериментів до промислових продуктів, з поширенням екологічно чистих матеріалів та автоматизованих будівельних систем [6].

1. 3D друк в архітектурі в 2025 році. <https://epic3d.com.ua/3d-druk-v-arkhitekturi-2025/>. Шилоткач М., Григорчук О. (2025). 3D друк у будівництві: нова ера архітектури. Фізика – основа цифровізації суспільства та сталого інноваційного розвитку техніки і технологій: матеріали II Всеукраїнської, з міжнародною участю, молодіжної науково-практичної онлайн конференції. Харків: ВСП «ХФКХП ДБТУ», 705 - 708. <https://repository.knuba.edu.ua/items/01f8f1c6-91ed-4697-ae28-11a9778fcf37>
3. Пиндзин М., Іванов-Костецький С.О. (2024). Перспектива використання технології 3D друку для будівництва житлових будинків в Україні. <https://doi.org/10.23939/sa2024.02.144>
4. Єрмоленко Т. (2025). Технології, що змінюють нерухомість: від 3D-друку до AI-аналітики. <https://delo.ua/realty/tehnologiyi-shho-zminuyut-nerukhomist-vid-3d-druku-do-ai-analitiki-455100/>
5. Бігдай В.П. (2024). Стратегія масштабування для компаній на ринку електронної комерції в Україні. <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8ee02446-2a2d-43b6-8386-a0f1bc55f7f1/content>
6. Головні тренди FDM друку 2025: аналіз ключових новинок з літніх виставок. <https://techfil.com.ua/trendy-3d-druku-lito-2025/>

**Вплив динамічних навантажень від метрополітену
на навколишню забудову**

**The impact of dynamic loads from the metro
on the surrounding buildings**

**Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожнікова І.В., к.т.н., доц.,
Бончковський І.М., студент (Луцький національний технічний університет,
Луцьк)**

**S. Rotko, Ph.D., Assoc. Prof., I. Zadorozhnikova, Ph.D., Assoc. Prof.,
I. Bonchkovsky, student (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

З огляду на розширення мережі метрополітенів у великих міських агломераціях питання вібродинамічного впливу на навколишні будівлі набуває великого значення для забезпечення їх безпеки та довговічності. Саме тому важлива розробка методик розрахунку та заходів захисту конструкцій, що враховують динамічний вплив, особливо в умовах щільної міської забудови.

Given the expansion of the metro network in large urban agglomerations, the issue of vibrodynamic impact on surrounding buildings is becoming increasingly important for ensuring their safety and durability. That is why it is important to develop calculation methods and measures for protecting structures that take into account dynamic impact, especially in dense urban areas.

Тема впливу динамічних навантажень від метрополітену на конструкції будівель і споруд є надзвичайно актуальною для сучасного будівництва.

Наукові дослідження показують, що вібрації, які виникають через рух поїздів у метро, можуть істотно впливати на конструкції будівель, особливо розташованих поруч із підземними тунелями. Вчені зазначають, що спектр вібраційних частот на поверхні ґрунту та в будівлях може коливатись від кількох десятків до сотень Герц, що уможливорює збіг із частотами власних коливань віброзахисних екранів і демпфуючих матеріалів у зоні метро та житлових будівель і деяких будівельних конструкцій. Це може призвести до резонансних ефектів і збільшення напружень в останніх. Особливо чутливими виявляються старі будівлі, часто в історичній частині міст [1].

Зокрема, у статтях досліджується джерело вібрацій – удари коліс поїздів на стиках рейок, які викликають поширення вібрацій у тунелях і на поверхні. Ці вібрації можуть створювати значні навантаження на будівельні конструкції, що викликає їх деформації та потенційні ушкодження [2].

Дослідження вчених звертають увагу на те, що реконструкція рейок метро для зниження вібрацій є ефективною, проте дуже дорогавартісною процедурою. Тому все частіше пропонуються альтернативні методи зниження вібраційного впливу, такі як використання методів автоматичного керування електромагнітними вібраційними системами [3].

Основні напрямки досліджень останніх років зосереджені на чисельному моделюванні та експериментальних замірах, що дозволяє враховувати вертикальні та горизонтальні компоненти вібрацій та їхній вплив на несучі конструкції [4].

В Україні розроблено та оновлено низку важливих нормативних документів, які регулюють захист будівель від шуму та вібрацій, що виникають під час експлуатації метрополітену [5,6,7]. Ці норми визначають, якими мають бути допустимі рівні вібрацій для будівель і споруд, а також встановлюють вимоги щодо їх проєктування і будівництва з урахуванням цих параметрів. Документ поширюється на всі види будівель і частини конструкцій та враховує вимоги до експлуатації. Такий підхід допомагає забезпечити надійний захист від негативного впливу вібрацій метро і сприяє комфортності перебування людей у будівлях.

Сучасні дослідження підтверджують, що вібрації від метрополітену є суттєвим фактором, який необхідно враховувати як при проєктуванні, так і при експлуатації будівель поруч із підземними спорудами метро. Розробка комплексних методик захисту та ефективний моніторинг є ключовими завданнями, що стоять перед інженерами та науковцями сьогодні. Крім того, у багатьох містах проводяться регулярні моніторингові обстеження будівель біля метро, які дозволяють відстежувати зміну стану конструкцій та оперативно реагувати на появу тріщин чи зсувів.

1.Переверзев О.Ю. (2021). Дослідження вібраційного впливу метро на будівельні конструкції. Вісник НУ «Львівська політехніка», Вип. 75, 45-55. 2. Олександров Є. (2021). Аналіз впливу вібрацій у міському середовищі на інженерні споруди. Вібрації в техніці та технологіях, №1, 15-25. 3. Степанишина Д.В.(2023). Методи автоматичного керування електромагнітними вібраційними системами метро. Електротехніка та електромеханіка. Вип. 3, 49-60. 4. Башинський Я.В. (2019). Вплив динамічних навантажень метрополітену на НДС конструкцій будівель та споруд. Дисертація. 5. ДБН В.1.2-10:2021. Захист від шуму та вібрації. 6. ДБН В.2.5-23:2025. Проєктування електроустановок житлових будинків та громадських будівель і споруд. 7. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

УДК 624.15

Аналіз дефектів фундаментів у приватному будівництві: причини та рішення

Analysis of foundation defects in private construction: causes and solutions

Ротко С.В., к.т.н., доц., Вознюк Ю.В., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Y. Vozniuk, student (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджено типи дефектів фундаментів та причини їх виникнення. Проаналізовано методи діагностики для виявлення проблем, розглянуто рішення та методи ремонту, профілактики дефектів.

The study examined the types of foundation defects and their causes. Diagnostic methods for identifying problems were analyzed, and solutions and repair methods, as well as defect prevention, were also considered.

Фундаменти – основний елемент будь-якої будівлі, який забезпечує рівномірний розподіл навантажень, міцність, стійкість, витривалість до зовнішніх подразників та довговічність. У приватних будинках зазвичай використовують різні спрощені методи та технології будівництва, також можуть бути обмежені ресурси. Дефекти фундаментів можуть призвести до серйозних наслідків: утворення тріщин, осідання, деформації несучих конструкцій.

Мета роботи – проаналізувати основні причини виникнення дефектів у фундаментах приватних будинків та знайти ефективні рішення для їх усунення.

Основними та найпоширенішими типами дефектів фундаментів є:

✓ тріщини в бетоні або кладці – можуть бути вертикальними, горизонтальними або діагональними. Виникають за умови усадки бетону, нерівномірного осідання ґрунту, температурних деформацій або перевантаження.

Вертикальні тріщини найчастіше вказують на осідання, тоді як діагональні – на перекіс або зсув фундаменту. Якщо не вжити потрібних заходів вчасно, буде проникати волога, кородувати арматура і як наслідок – відбудеться втрата несучої здатності;

✓ осідання фундаменту – це процес поступового зниження рівня внаслідок деформації ґрунту під навантаженнями.

Виникає осідання фундаменту переважно через недостатнє дослідження геологічних умов, використання слабких або неоднорідних ґрунтів у якості основи, порушення технології влаштування останньої. Спричиняє тріщини в стінах, перекоси дверних і віконних прорізів, а в критичному випадку – втрату несучої здатності всієї споруди;

- ✓ відшарування гідроізоляції – з'являється при порушенні адгезії між гідроізоляційним шаром і поверхнею фундаменту. Відбувається при неправильній підготовці основи, використанні неякісних матеріалів або впливі вологи та температурних перепадів;

- ✓ корозія металевих елементів – особливо в умовах високої вологості, виникає разом з іншими супутніми дефектами, перерахованими вище;

- ✓ біологічне ураження (пліснява, грибок) – при недостатній вентиляції та гідроізоляції. Воно не лише погіршує санітарний стан приміщення, а ще й призводить до руйнування будівельних матеріалів, особливо дерев'яних елементів, що контактують із фундаментом [4].

Вагомими причинами виникнення наведених дефектів можуть бути похибки на етапі проектування, некоректний вибір типу фундаменту для конкретного типу ґрунту або приватного будинку; порушення технології будівництва, використання неякісних матеріалів, порушення режиму тужавлення бетону, відсутність армування. Сюди ж варто віднести геологічні фактори, зміну рівня ґрунтових вод, наявність різного роду пливунів та промерзання ґрунту.

Впливає також волога та перепади температур, цикли замерзання/відтавання, відсутність дренажу.

Через перевищення розрахункових навантажень, незапланованих добудов, зміни планування, встановлення важкого обладнання без перерахунку навантажень такі ситуації невідворотні [2,3].

Для виявлення дефектів використовують перелічені методи діагностики: візуальний огляд (виявлення тріщин, деформацій, слідів вологи); систематичний геодезичний контроль (перевірка рівня осідання); діагностика спеціальними інструментами (ультразвук, ендоскопія, георадар); спеціальний аналіз ґрунту (лабораторні дослідження несучої здатності) [1].

Загалом рішенням для вже виявлених проблем у фундаментах можуть слугувати такі заходи:

- ✓ ін'єкційне зміцнення – має на меті введення полімерних або цементних сумішей у тріщини для стабілізації конструкції;

- ✓ армування та обойми – є зовнішнім укріпленням фундаменту різними металевими або композитними елементами;

- ✓ установка паль або мікропаль – застосовується для стабілізації фундаментів при глибоких осіданнях;

✓ гідроізоляція та дренаж є хорошим відновленням захисту від вологи, облаштування водовідведення;

✓ підняття фундаменту (застосовують в особливо складних випадках - піднімають конструкцію із подальшим укріпленням основи) [1,2].

Щоб запобігти можливим дефектам, осіданню фундаментів важливо перед початком будівництва проводити геологічні дослідження для визначення типів ґрунтів і приймати такі технічні та інженерні рішення, які гарантуватимуть міцний та надійний фундамент.

Важливо застосовувати при зведенні будівлі сертифіковані матеріали та проводити регулярний контроль якості на кожному етапі будівництва. Це допоможе на ранніх стадіях побачити дефекти та негайно вжити необхідних заходів, щоб запобігти збільшенню площі дефекту. А ще важливо провести експертний та досконалий технічний огляд споруди після введення в експлуатацію [2].

Дефекти фундаментів у приватному секторі будівництва найчастіше виникають через недбалість, економію на матеріалах або ігнорування геологічних умов будмайданчика.

Своєчасна діагностика та використання сучасних технологій ремонту дозволяють не лише усунути недоліки, а й продовжити термін експлуатації будівлі. Важливо, аби власники приватних будинків мали розуміння, що фундаменти - основа безпеки та комфорту.

1. Найчастіші дефекти фундаментів та як їх виправити <https://vash-master.com.ua/najchastishi-defekti-fundamentiv-i-yak-ix-vipraviti/> 2. Основні можливі проблеми фундаменту: причини, симптоми та способи ремонту <https://www.optima-building.com/osnovni-mozhlivi-problemi-fundamentu-prichini-simptomi-ta-sposobi-remontu/> 3. Проблеми з фундаментом та їх усунення <https://remontu.com.ua/problemi-z-fundamentom-i-x-usunennya> 4. Захистіть свій будинок: 11 поширених загроз для фундаменту <https://statical.ua/blog/zakhystit-svii-budynok-11-poshyrenykh-zahroz-dlia-fundamentu/>

УДК 72.01

Куполи в сакральній архітектурі: вплив форми на розподіл навантажень і сучасні конструктивні підходи

Domes in sacred architecture: the influence of shape on load distribution and modern design approaches

Ротко С.В., к.т.н., доц., Петрук Ю.М., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Yu. Petruk, student (Lutsk National Technical University)

У дослідженні представлено вплив різних форм куполів на характер і розподіл внутрішніх зусиль у конструкції, визначаючи її стійкість, міцність та довговічність. Аналіз охоплює сферичний, шоломоподібний, цибулинний, овальний, вітрильний, ребристий та комбіновані куполи.

The study presents the influence of different dome shapes on the nature and distribution of internal forces in the structure, determining its stability, strength and durability. The analysis covers spherical, helmet-shaped, bulbous, oval, sail-shaped, ribbed and combined domes.

З інженерної точки зору купол – це одна з найскладніших просторових систем, яка поєднує високу архітектурну виразність із складною статичною роботою. Основна мета сучасного конструювання – поєднати технологічну точність і довговічність конструкцій зі збереженням традиційної естетики сакральної архітектури.

Класифікація куполів у літературі досить широка. У даному дослідженні проаналізуємо типові форми куполів у церковній архітектурі.

Півсферичний купол – проста класична форма, що нагадує частину сфери. Характеризується рівномірною кривиною і плавними переходами навантажень. Найпоширеніший для церков візантійського та давньоруського стилів. Забезпечує рівномірний розподіл напружень, що робить конструкцію міцною і стійкою [1].

Шоломоподібний купол – має опуклу форму, що загострюється до вершини, іноді нагадує шолом воїна. Такі куполи часто встановлюють на барабанах, що підвищує висоту і візуальну виразність. Розподіл навантажень більш складний через нерівномірність кривини, що вимагає додаткового армування і ребер. Символізує духовну боротьбу в православній традиції [2].

Купол-маківка або цибулинний – характеризується сильно опуклою формою у вигляді цибулини з плавним переходом до основи. Має більший

діаметр у порівнянні з основою, а висота часто перевищує ширину. Розповсюджені у православній архітектурі з XIII століття. Розподіл зусиль нерівномірний: найбільші напруження концентруються у вузьких ділянках, що вимагає ретельного конструктивного розрахунку [2].

Інші форми – овальні куполи, властиві архітектурі бароко, з асиметричною геометрією. Вітрильні куполи – сегментовані, що мають вигнуті сегменти зі специфічною формою, нагадуючи квадратне вітрило, закріплене по кутах.

Комбіновані куполи – сполучення кількох типів форм, наприклад, цибулинний купол на шоломоподібній основі. Ці форми не лише визначають візуальний та символічний образ храму, а й впливають на розподіл навантажень та інженерні рішення при проєктуванні куполів [3].

Вітрильні куполи нагадують за формою вітрило, основи якого не просто утворюють арки для підтримки купола над ним, а сходяться до центру простору, таким чином самі утворюючи купол. Такі куполи схожі на квадратне вітрило, закріплене знизу в чотирьох кутах [4].

У своїй праці Дунаєвський Є.О. пише: «Основою формотворення купола православного храму є не випадкові, а закономірні пропорції, що демонструють принципи гармонійності та впорядкованості поєднання геометричних величин.

Серед ключових пропорцій, які визначають форму купола, – використання золотого перерізу, який проявляється у співвідношеннях висоти до радіуса основи, а також у співвідношеннях радіусів кривизни окремих частин купола» [5].

Форма купола істотно впливає на розподіл навантажень у конструкції, визначаючи її стійкість, міцність та довговічність. Так, сферичні куполи забезпечують рівномірний розподіл вертикальних і горизонтальних навантажень по всій поверхні конструкції. Завдяки цьому знижується локальна концентрація напружень, що забезпечує стійкість до дії вітрових, снігових та експлуатаційних навантажень.

Оптимальна форма купола забезпечує мінімальну концентрацію напружень, що дозволяє зменшити матеріалозатрати при збереженні безпеки та функціональності [5]. Геодезичні куполи, які складаються з трикутних елементів, що рівномірно передають навантаження на опори, є одними з найстійкіших.

Введення ребер у конструкцію купола дозволяє значно підвищити його жорсткість і міцність за рахунок розподілу головних зусиль між ребрами та основою. Кільцеві та ребристі елементи працюють на згин і нормальні зусилля, збільшуючи здатність конструкції витримувати зовнішні навантаження [6].

Сучасні конструктивні підходи до конструювання куполів церков поєднують традиційні технології з інноваційними матеріалами та методами виготовлення.

Основна структура купола сьогодні базується на **зварному металевому каркасі**, який створюють за точними інженерними розрахунками для забезпечення ідеальної геометрії й міцності [6].

Цей каркас обробляють антикорозійними складами, що продовжує термін служби конструкції.

Для зовнішнього покриття застосовують міцні матеріали високої довговічності: листи з **нержавіючої сталі з покриттям нітридом титану**, що забезпечують стійкість до атмосферних впливів та збереження блиску понад 50 років; **оцинкована жерсть з полімерним покриттям**; **мідь та інші метали з високою атмосферостійкістю** [6].

Також у низці сучасних проектів використовують монолітний залізобетон, що дозволяє отримати куполи із суцільною міцною оболонкою, стійкою до навантажень і атмосферних впливів [6].

Як висновок з дослідження: форма купола - це критичний фактор для правильного розподілу навантаження і вибору конструктивної схеми. При проектуванні завжди враховують тип купола, кут нахилу, наявність ребер для забезпечення оптимальної роботи конструкції під дією всіх видів навантаження.

1. Дорошенко Ю.О., Пустовойт Р.О. (2019). Геометрія куполів православних храмів. *Теорія і практика дизайну*. Вип. 16. 2. Терещук М.О. Структурно-параметричний спосіб формоутворення куполів православних храмів (2022). *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, вип. 103. С. 201–208. DOI: 10.32347/0131-579x.2022.103.201-208 3. Вірченко Г. А., Мартинов В. Л., Терещук М. О. (2023). До питання архітектурного формоутворення православних храмів Чернігівщини. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, вип. 105. С. 53–61. DOI: 10.32347/0131-579x.2023.105.53-61 4. Гнатюк Л., Буріко А. Купольні конструкції як основа формоутворення дизайну. *Актуальні проблеми сучасного дизайну*. https://pm.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/10761/1/APSD2018_V2_P137-140.pdf 5. Дунаєвський Є.Ю. (2025). Еволюція архітектурних форм православних храмів з аналізом конструктивних типів куполів. Дисертація. https://odaba.edu.ua/upload/files/Disertatsiya_Dunaievskogo.pdf 6. Церковні куполи: поєднання символіки минулого та технологій сьогодення. <https://kupolu.com.ua/article/view/tserkovnye-kupola-sochetanie-simvoliki-proshlogo-i-tehnologiy-nastoyashchego/>

УДК 69.07

Використання сучасних матеріалів при відбудові зруйнованих об'єктів

Use of modern materials in reconstruction of destroyed facilities

Ротко С.В., к.т.н., доц., Саковець А., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, A. Sakovets, student (Lutsk National Technical University)

Розглянуто основні напрями використання сучасних будівельних матеріалів під час відбудови зруйнованих об'єктів. Проаналізовано властивості матеріалів, які забезпечують підвищену міцність, довговічність, енергоефективність та швидкість виконання будівельно-відновлювальних робіт. Визначено перспективи застосування композитів, фібробетонів, полімерних матеріалів та інноваційних технологій у процесі відбудови.

The article considers the main directions of using modern building materials during the reconstruction of destroyed facilities. The properties of materials that provide increased strength, durability, energy efficiency, and speed of construction and restoration work are analyzed. The prospects for the use of composites, fiber concrete, polymer materials, and innovative technologies in the reconstruction process are determined.

Після значних руйнувань цивільної інфраструктури внаслідок воєнних дій постала нагальна потреба у швидкому та якісному відновленні зруйнованих об'єктів. Одним із ключових чинників ефективної відбудови є використання сучасних будівельних матеріалів, що поєднують високу міцність, довговічність і технологічність. Сучасні матеріали дозволяють скоротити терміни будівництва, підвищити енергоефективність та екологічну безпеку споруд, що особливо важливо для масштабних проєктів відбудови в Україні.

Використання високоєфективних бетонів є важливою компонентою відновлення інфраструктури міст. Традиційний бетон поступається новим різновидам за фізико-механічними властивостями. Високоміцні та самоущільнювальні бетони (НРС, SCC) характеризуються підвищеною тріщиностійкістю, низькою водопроникністю та стійкістю до агресивних середовищ. Їх застосування дозволяє відновлювати несучі елементи будівель без значного збільшення перерізів конструкцій, що особливо важливо при відбудові історичних чи щільно забудованих об'єктів.

Використання сталеві, скляної або полімерної фібри у складі бетону забезпечує підвищену тріщиностійкість, ударну в'язкість та стійкість до

динамічних навантажень. Такі матеріали ефективно застосовують при ремонті перекриттів, колон і балок, що зазнали часткових руйнувань [2].

Полімербетони, у свою чергу, мають меншу пористість та значно більшу адгезію до старих бетонних поверхонь, що спрощує процес реставрації.

Одним із найперспективніших напрямів є використання вуглецевих і склопластикових композитів (FRP-систем) для підсилення існуючих конструкцій. Застосування таких систем дозволяє збільшити несучу здатність без значного збільшення маси конструкцій. Наприклад, наклеювання вуглецевих стрічок на розтягнуті зони балок або колон суттєво підвищує їхню міцність на згин і стиск.

Під час відбудови важливо враховувати не лише конструктивну міцність, а й енергоефективність. Тому все більшого поширення набувають сучасні теплоізоляційні та оздоблювальні матеріали – пінополіуретан, мінеральна вата з нанодобавками, а також тонкошарові декоративно-захисні штукатурки на основі силікатних і акрилових смол. Ці матеріали дозволяють знизити тепловтрати будівель до 30–40% та продовжити термін їх експлуатації [4].

Важливу роль відіграє поєднання нових матеріалів із сучасними інноваційними технологіями – наприклад, 3D-друк будівельних елементів, ін'єкційне відновлення тріщин епоксидними смолами або застосування самовідновлювальних бетонів із мікрокапсульованими бактеріями, які заповнюють мікротріщини під час експлуатації.

Поєднання традиційних технологій з інноваційними рішеннями (фібробетони, FRP-системи, полімерні матеріали, 3D-друк) дозволяє забезпечити високу якість, швидкість і довговічність відновлення будівель. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на адаптацію нових матеріалів до місцевих кліматичних умов і нормативної бази України.

1. Краше, ніж було: які нові технології з'явилися в Україні для відбудови. <https://sil.media/p/krashche-nizh-bulo-i-aki-novi-tekhnologiyi-zivilis-v-ukravini-dlia-vidbudovi-827413-10695> 2. Майже 90% будівельних матеріалів, які потрібні для відбудови України, можуть виробити українські компанії, – дослідження. <https://rubryka.com/2023/05/22/majzhe-90-budivelnih-materialiv-yaki-potribni-dlya-vidbudovy-ukraviny-mozhut-vyrobyty-ukravinski-kompaniyi-doslidzhennya/> 3. 90% будівельних матеріалів, які необхідні для відбудови, можна виготовляти в Україні. <https://budport.com.ua/buildnews/28661-90-budivelnih-materialiv-yaki-neobhidni-dlya-vidbudovi-mozhna-vigotovyati-v-ukrajni> 4. Реконструкція та ремонт будівель і споруд: навч. посіб. / В.В. Дарієнко та ін., Кропивницький : ЦНТУ, 2023 159 с. <https://vpu29.rv.ua/wp-content/uploads/2025/02/0054101.pdf>

УДК 624

Інженерно-технічні рішення для забезпечення інклюзивності культурних споруд

Engineering solutions to ensure the inclusivity of religious buildings

Ротко С.В., к.т.н., доц., Трохимчук С., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, S. Trokhymchuk, student (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджуються основні принципи та практичні технічні рішення, що дозволяють адаптувати культурні споруди до потреб усіх категорій населення без шкоди для архітектурної автентичності.

The work explores the basic principles and practical technical solutions that allow church buildings to be adapted to the needs of all categories of the population without compromising architectural authenticity.

Для сучасного українського суспільства питання доступності архітектурного середовища для осіб з обмеженими можливостями є надзвичайно актуальним. Важливу роль у духовному житті громади відіграють культурні споруди, зокрема церкви, проте їх архітектура часто не враховує потреби людей з інвалідністю, осіб похилого віку чи батьків з дитячими візочками. Забезпечення безбар'єрного доступу до таких об'єктів є не лише вимогою законодавства, а й проявом соціальної відповідальності та гуманності. Інженерне забезпечення безбар'єрного доступу в культурних спорудах потребує комплексного підходу, який враховує історичну цінність будівлі, її конструктивні особливості, а також сучасні стандарти інклюзивності.

Мета роботи - дослідити та обґрунтувати інженерні рішення, які забезпечують безбар'єрний доступ до релігійних споруд для осіб з обмеженими фізичними можливостями, відповідно до сучасних будівельних норм і принципів інклюзивного середовища.

Основні принципи, покладені в основу дослідження: реверсивність – усі нові елементи мають бути зняті або змінені без пошкодження історичної конструкції; мінімальна видимість – пріоритет для рішень, що малопомітні (вбудовані в ландшафт, бокові входи, окремі стійки); поєднання матеріалів – важливо підбирати матеріали й оздоблення, які гармонують з існуючими (натуральний камінь, дерево, золотисті тони тощо); маршрути найменшого опору – забезпечити доступність основних функцій (вхід, місце для

богослужінь, санвузол) без необхідності повного перепланування; участь стейкхолдерів – консультації з громадою, співпраця з консерваторами пам'яток і представниками людей з інвалідністю.

Пропоновані технічні рішення

1. Для вхідної групи.

✓ Рампи: модульні або стаціонарні рампи з непомітною інтеграцією в ландшафт. Рекомендаційні параметри: ухил – не крутіше 1:12, ширина коридору – мінімум 1200 мм. Використовувати камінь, дерево, схожі на наявні матеріали.

✓ Платформні підйомники: для невеликих перепадів висоти, встановлювати на незалежних конструкціях, що не фіксуються в історичних кам'яних стінах.

✓ Вхідні двері: забезпечити мінімальну ширину відкритого проходу 900–1000 мм; там, де можливо, встановити автоматичні або напівавтоматичні доводчики з пом'якшеним відкриванням. Пороги робити низькими або з ухилом; де поріг неможливо прибрати – зробити знімну вставку.

✓ Сходи: встановити додаткові поручні з обох боків, висота поручнів 900–1000 мм; контрастні виступи або тактильні смуги біля початку/кінця маршів (ширина смуги \approx 300 мм). Похилі підступи та виступи мають мати радіус, безпечний для палиць/тростей.

2. Усередині приміщення.

✓ Виділені місця для інвалідних візків: розподілити кілька точок (біля проходу, центральний і боковий неф), площа для візка + супроводу. Забезпечити вільний простір для.

✓ Мобільні лави/стілці: частину лав зробити знімною або використовувати додаткові легкі стільці.

✓ Покриття підлоги: антиковзке, непрозоре, з мінімальним відблиском; там, де реставрація не дозволяє міняти підлогу, використовувати тонкі тимчасові настили, без наклеювання на оригінал.

3. Санітарні вузли

✓ Доступний санвузол: обладнати щонайменше одну вбиральню з поворотним колом 1500 мм і відкидним поручнем; у старих спорудах можлива установка в новому прибудованому модулі чи в підсобних приміщеннях. Двері – вишир не менше 900 мм. Пеленальний столик і полицки – на доступній висоті.

4. Світло та орієнтація.

✓ Освітлення: рівномірне м'яке LED-освітлення 2700–3000 К (теплий тон для збереження атмосфери). Накладні світильники розмістити так, щоб не псувати вигляд стель/вітражів. Регульовані світильники над проходами та поручнями.

✓ Контрастність: візуальні контрасти на кромках сходів, дверних рамах для тих, хто має порушення зору (але у приглушених відтінках, що не дисонують з інтер'єром).

5. Навігація й інформація

✓ Тактильні елементи та шрифти Брайля: таблички з основними позначеннями у ключових місцях; тактильні стрілки біля входу.

✓ Візуальні піктограми й великі шрифти для людей з порушенням зору.

✓ Кольорові маркування – дискретні акценти на напрямних шляхах.

6. Акустика й слухова допомога.

✓ Системи підсилення звуку: індукційні петлі на лави/площу для інвалідних візків; за неможливості – FM або інфрачервоні системи. Пристрій встановлюється непомітно: під підлогою або в шафах.

✓ Акустичні корекції: де заважає ехо-акустичні панелі в технічних або закритих просторах, щоб не псувати інтер'єр.

7. Безпека та евакуація.

✓ Доступні шляхи евакуації: маркування шляхів, місця тимчасового очікування на рівні входів, які забезпечують доступний вихід.

✓ Протипожежні системи: сигналізація з візуальними і звуковими індикаторами; кнопки виклику допомоги на доступному рівні.

Технічні підходи для збереження автентичності

✓ Консерваційний підхід: погоджувати зміни з органами охорони пам'яток; надавати окремі конструктивні рішення.

✓ Фрїлінг-монтаж: замість пробивання отворів у стіні - сталеву рампу на гумових під'ятниках, облицьовану каменем у тому ж стилі, що й фасад – вона виглядатиме природньо, але нічого не порушить в конструкції храму (рис.1).

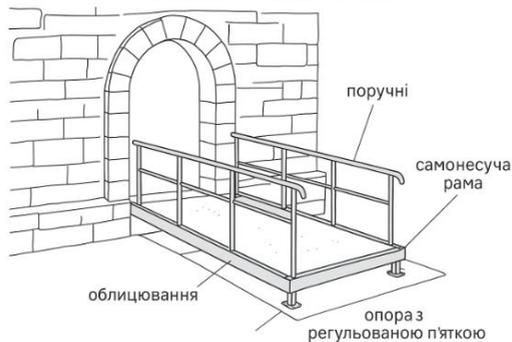


Рис. 1. Приклад фрїлінг-монтажу

✓ Модульність: використовувати модульні пандуси/рампи/платформи, які можна демонтувати або адаптувати.

✓ Маскування техніки: обладнання (електроважіль, контролери) розміщувати в підсобних приміщеннях або в нових невидимих нішах.

✓ Матеріали «в тон»: використовувати сучасні матеріали, що віддалено відтворюють фактуру.

УДК 691.175

Експериментально-моделююче дослідження процесів вологоперенесення у сендвіч-панелях із базальтовим утеплювачем у помірному кліматі України

Experimental and modeling study of moisture transfer processes in sandwich panels with basalt insulation under moderate climate conditions of Ukraine

М. В. Русецька, аспірантка (Київський національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ), Є. А. Бакулін, к.т.н., доцент, (Київський національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ).

M. V. Rusetska, PhD Student (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv), Ye. A. Bakulin, PhD (Eng.), Associate Professor (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv).

У роботі досліджено вплив конструктивних особливостей сендвіч-панелей із базальтовим утеплювачем на інтенсивність вологоперенесення та процеси висихання за умов помірного клімату України.

This paper investigates the influence of the structural features of sandwich panels with basalt insulation on the intensity of moisture transfer and drying processes under the conditions of Ukraine's temperate climate.

Забезпечення довговічності та енергоефективності огорожувальних конструкцій є ключовим завданням сучасного будівництва. Сучасні стандарти енергоефективності вимагають застосування теплоізоляційних матеріалів із стабільними характеристиками протягом усього терміну експлуатації. Одним із таких матеріалів є мінеральна вата на основі базальтових волокон, яка поєднує низьку теплопровідність, вогнестійкість та екологічну безпечність. Проте накопичення вологи та утворення конденсату у товщі панелей призводить до зниження теплоізоляційних та механічних властивостей матеріалу, спричиняючи деформації та прискорену деградацію конструкції.

Як показують дослідження Vgána та Björk [1], температура, вологість і утворення інею істотно впливають на теплотехнічні властивості мінераловатних матеріалів, що застосовуються у дахових, фасадних і фундаментних системах.

В інших роботах [2] встановлено, що волокнисті утеплювачі різної густини демонструють відмінності у вологонакопиченні — зокрема, ізоляційні матеріали з меншою щільністю поглинають вологу у 2,5–3 рази інтенсивніше.

Дослідження Jerman і Černý [3] доводять, що теплопровідність мінеральної вати різко зростає зі збільшенням вологовмісту: від 0,041 Вт/м·К у сухому стані до 0,900 Вт/м·К при насиченні вологою. Такі процеси безпосередньо впливають на енергоефективність конструкцій і можуть спричинити зниження теплозахисної здатності огорожень. Ivanič та співавт. [4] експериментально підтвердили, що тривала дія вологи призводить до втрати механічної міцності базальтової мінеральної вати: у зразків, вилучених із зволжених ділянок покрівлі, міцність на стиск була знижена на 93% порівняно із номінальними значеннями. Таким чином, накопичення конденсату в товщі утеплювача є одним із критичних факторів деградації матеріалу. У дослідженні розглянуто три типи панелей: стандартна без вентиляційного шару, з мікророзсіями каналами та із дренажним шаром. Для оцінки динаміки вологості проведено числове моделювання з використанням рівнянь Фур'є та Фіка, що описують теплове та вологісне перенесення. Результати моделювання дозволили порівняти ефективність різних конструкцій у контексті видалення вологи та швидкості висихання утеплювача. Отримані результати підтвердили, що наявність вентиляційних або дренажних елементів у структурі панелі суттєво зменшує час утримання вологи та підвищує експлуатаційну довговічність огорожувальних конструкцій. Це створює підґрунтя для подальшої розробки раціональних конструкційних рішень сендвіч-панелей із покращеними волого- та теплозахисними характеристиками [5].

Наукова новизна роботи полягає у комплексній оцінці впливу різних конструктивних схем сендвіч-панелей на процеси вологоперенесення та висихання базальтового утеплювача за умов помірного клімату, а практичне значення — у рекомендаціях щодо проектування панелей із підвищеною стійкістю до вологи, що сприяє підвищенню їх довговічності та енергоефективності.

1.Vrána, T., & Björk, F. (2009). Frost formation and condensation in stone-wool insulations. *Construction and Building Materials*, 23, 1775–1787. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.027> 2.Vrána, T., & Gudmundsson, K. (2010). Comparison of fibrous insulations – Cellulose and stone wool in terms of moisture properties resulting from condensation and ice formation. *Construction and Building Materials*, 24, 1151–1157. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.020> 3.Jerman, M., & Černý, R. (2012). Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. *Energy and Buildings*, 53, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.06.004> 4.Ivanič, A., Kravanja, G., Kidess, W., Rudolf, R., & Lubej, S. (2020). The influences of moisture on the mechanical, morphological and thermogravimetric properties of mineral wool made from basalt glass fibers. *Materials*, 13, 2392. <https://doi.org/10.3390/ma13102392> 5.Kalbe, K.; Piikov, H.; Kalamees, T. Moisture Dry-Out Capability of Steel-Faced Mineral Wool Insulated Sandwich Panels. *Sustainability* 2020, 12, 9020. <https://doi.org/10.3390/su12219020>

УДК 624.01:004.9

Диференційований підхід до визначення товщини утеплювача фасадів багатоквартирної житлової будівлі засобами комп'ютерного енергетичного моделювання

Differentiated approach to determining the insulation thickness of façades of a multi-apartment residential building by means of computer energy modelling

В. П. Самчук, к.т.н., доцент; С. І. Пустюльга, д.т.н., професор; О. А. Пахолук, к.т.н., доцент; Д. Я. Кислюк, к.т.н., доцент; С. О. Павловський, магістрант (Луцький національний технічний університет)

V. P. Samchuk, PhD, Associate Professor; S. I. Pustiulha, Doctor of Technical Sciences, Professor; O. A. Pakholiuk, PhD, Associate Professor; D. Ya. Kyslyuk, PhD, Associate Professor; S. O. Pavlovskiy, Master's student (Lutsk National Technical University)

Розглянуто диференційований підхід до визначення товщини утеплювача фасадів багатоквартирної житлової будівлі із використанням комп'ютерного енергетичного моделювання (BIM/BEM). На основі аналізу базового варіанта з рівномірним утепленням показано, що перерозподіл товщини утеплювача між фасадами з урахуванням їх орієнтації та зонування приміщень за умови фіксованого об'єму теплоізоляційного матеріалу дозволяє зменшити тепловтрати та дещо знизити річну потребу в тепловій енергії на опалення без додаткових витрат.

A differentiated approach to determining the insulation thickness of multi-apartment residential building façades using computer energy modelling (BIM/BEM) is presented. Analysis of a baseline case with uniform insulation shows that redistributing insulation thickness between façades, considering their orientation and indoor zoning, under a fixed total volume of insulation material, reduces heat losses and slightly decreases annual heating energy demand without extra costs.

Підвищення енергоефективності житлових будівель є одним із ключових завдань сучасного будівництва, особливо в умовах зростання вартості енергоресурсів та посилення екологічних вимог. Традиційно товщину утеплювача зовнішніх стін приймають однаковою по всьому периметру, орієнтуючись лише на нормативний розрахунок опору теплопередачі. Такий підхід не враховує ані орієнтації фасадів відносно сторін світу, ані відмінностей у тепловому режимі житлових і комерційних приміщень. Розвиток BIM/BEM-технологій дає змогу розглядати будівлю як єдину інформаційну та енергетичну систему і відкриває можливість переходу від «усередненого» до

диференційованого підходу до утеплення. У цьому контексті актуальним є дослідження, спрямоване на обґрунтування раціонального розподілу товщини теплоізоляції фасадів за результатами комп'ютерного енергетичного моделювання конкретної будівлі.

Аналіз сучасних досліджень. Проблема енергоефективності будівель широко висвітлена у вітчизняних та зарубіжних працях. Досліджується вплив орієнтації будівлі та фасадів на річне енергоспоживання, показано, що орієнтація суттєво змінює потребу в тепловій та холодильній енергії [1]. Інші роботи аналізують поєднаний вплив форми, орієнтації та теплоізоляції огорожувальних конструкцій, але переважно для випадку однорідної товщини утеплювача по периметру будівлі [2]. Активно розвивається напрям ВІМ/ВЕМ-моделювання, де інформаційні моделі використовують для оптимізації оболонки будівлі, однак здебільшого на рівні глобальних параметрів (узагальнена товщина стін, коефіцієнти скління) без детального розгляду багатозональних житлово-комерційних будівель [3]. При цьому практично не ставиться задача диференційованого розподілу товщини утеплювача між фасадами при фіксованому об'ємі теплоізоляції з урахуванням зонування приміщень, що й обумовлює напрями даного дослідження.

Мета роботи: обґрунтувати та перевірити на основі комп'ютерного енергетичного моделювання диференційований підхід до визначення товщини утеплювача фасадів багатоквартирної житлової будівлі зі вбудованими комерційними приміщеннями, який враховує орієнтацію фасадів та параметри експлуатації (зонування) приміщень за умови фіксованого загального об'єму теплоізоляційного матеріалу.

Завдання дослідження: 1. Створити ВІМ/ВЕМ-модель будівлі, виконати зонування приміщень та задати параметри їх експлуатації для енергетичного аналізу. 2. Оцінити внесок окремих фасадів у тепловтрати будівлі в базовому варіанті з мінімальною нормативною товщиною утеплювача. 3. Розробити та порівняти рівномірний і диференційований варіанти розподілу товщини утеплювача при фіксованому об'ємі теплоізоляційного матеріалу та на основі отриманих результатів сформулювати практичні рекомендації щодо застосування диференційованого підходу до утеплення фасадів будівель.

Методика дослідження. У дослідженні застосовано комп'ютерне інформаційне та енергетичне моделювання будівлі з використанням середовища Archicad та вбудованого модуля енергетичного аналізу.

Результати дослідження. У ході роботи побудовано інформаційну та енергетичну модель багатоквартирної житлової будівлі з комерційним першим поверхом у середовищі Archicad з використанням модуля EcoDesigner. На першому етапі проаналізовано базовий варіант, у якому товщина теплоізоляції всіх фасадів приймалась однаковою та відповідала мінімальному нормативному значенню. За результатами енергетичного аналізу для цього варіанту визначено

сумарний показник теплопередачі зовнішніх стін для кожної орієнтації та оцінено вклад фасадів у річні тепловтрати через стіни. Встановлено, що орієнтовно третину сумарних втрат формує північний фасад (близько 33 %), далі йдуть південний (≈ 27 %), східний (≈ 22 %) і західний (≈ 18 %), що підтверджує «критичність» північного напрямку та допоміжну роль інших фасадів.

На наступному етапі сформульовано задачу диференційованого розподілу утеплювача за умови фіксованого загального об'єму теплоізоляційного матеріалу. Порівнювалися два характерні варіанти: рівномірне утеплення з однаковою товщиною теплоізоляції по всьому периметру та диференційована схема, коли утеплювач посилюється на найбільш «проблемних» фасадах (насамперед північному) і зменшується на фасадах з вищим потенціалом корисних сонячних надходжень (південному), при збереженні незмінним загального об'єму матеріалу. Енергетичне моделювання показало, що диференційований розподіл товщини утеплювача дає невелике, але чітко зафіксоване покращення показників: річна потреба в тепловій енергії на опалення та сумарне кінцеве енергоспоживання будівлі зменшилися, а тепловтрати через огороження – приблизно на 2 %, причому питомі викиди CO₂ залишилися на попередньому рівні. Це свідчить про те, що навіть за незмінного ресурсу утеплювача раціональний перерозподіл теплоізоляції між фасадами, виконаний на основі комп'ютерного енергетичного моделювання, дозволяє підвищити енергоефективність будівлі без додаткових матеріальних витрат.

Висновки. Комп'ютерне енергетичне моделювання показало, що при фіксованому загальному об'ємі утеплювача, перерозподіл товщини теплоізоляції між фасадами з урахуванням їх орієнтації та режиму роботи приміщень дає змогу зменшити тепловтрати через огорожувальні конструкції та річну потребу в тепловій енергії на опалення без погіршення екологічних показників. Отже, утеплення оболонки будівлі доцільно розглядати як задачу оптимізації, де інструменти BIM/BEM дозволяють обґрунтовано посилювати теплоізоляцію північного фасаду, підтримувати нормативний мінімум на південному та задавати проміжні значення для східного і західного фасадів.

1. Ashmawy, R. E., & Azmy, N. Y. (2018). Buildings Orientation and its Impact on the Energy Consumption. ARCHive-SR, 2(3), 35–49. 2. Huang, D. K. and Yu, H. (2014). Effect of wall insulation with different orientation on energy consumption in different climate areas. Applied Mechanics and Materials, 641-642, 1003-1009. 3. Carriço de Lima Montenegro Duarte, J. G., et al. (2021). Building Information Modeling approach to optimize energy efficiency in educational buildings. Journal of Building Engineering, 43, 102587.

УДК 69.05

Використання 3D-друку у зведенні будівель

Use 3D printing in building construction

Собковська В.О., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смаль О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)

Sobkovska V., student, Smal M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Dzyubynska O.V., Doctor of Economics, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Smal O.V. (Technical Vocational College of National Technical University, Lutsk)

Розглянуто можливості впровадження технології 3D-друку в будівництві. Проаналізовано переваги адитивного методу у зведенні споруд, його вплив на ефективність будівельних процесів, використання матеріалів та екологічність. Особливу увагу приділено нормативним аспектам та перспективам застосування технології в Україні.

The article examines the possibilities of implementing 3D printing technology in construction. The advantages of the additive method in erecting buildings, its influence on construction efficiency, material use, and environmental friendliness are analyzed. Special attention is given to regulatory aspects and prospects for applying the technology in Ukraine.

Технології 3D-друку у будівництві є одним із найдинамічніших напрямів розвитку сучасної інженерії. Вони передбачають пошарове нанесення спеціальної бетонної або полімерної суміші за допомогою автоматизованої установки відповідно до тривимірної цифрової моделі. Цей процес забезпечує високу точність, швидкість і економічність, що робить його ефективною альтернативою традиційним методам зведення будівель. Процес будівництва нової школи у Львові за технологією 3D-друку показаний на рис. 1.

Однією з основних переваг 3D-друку є скорочення часу будівництва. Наприклад, невеликий житловий будинок може бути надрукований протягом 24-48 годин, тоді як звичайне будівництво триває кілька тижнів. Також відзначається зменшення кількості відходів та економія будівельних матеріалів, оскільки друк здійснюється точно за заданими параметрами без надлишків.

Крім економічних переваг, 3D-друк сприяє зменшенню впливу будівництва на довкілля, адже кількість транспортних перевезень і шумових викидів суттєво менша. Це відповідає сучасним принципам сталого розвитку, які закладені в державних нормативних документах України.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 “Теплова ізоляція будівель”, одним із головних завдань є забезпечення енергоефективності споруд і зменшення тепловтрат. 3D-друк дозволяє створювати стіни з внутрішніми порожнинами, що підвищує теплоізоляційні властивості будівель без додаткових матеріалів.

Також важливим документом є ДБН В.1.2-14:2018 “Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів”, який визначає вимоги до міцності, стійкості та довговічності матеріалів. Саме на основі цих положень мають розроблятися майбутні українські стандарти для 3D-друку в будівництві.



Рис. 1. Процес будівництва нової школи у Львові за технологією 3D-друку

Українські науковці та інженери вже працюють над адаптацією технології до місцевих умов. Основними викликами залишаються відсутність нормативної бази, висока вартість обладнання, а також потреба у підготовці фахівців. Проте переваги – швидкість, екологічність, економічність – роблять цю технологію надзвичайно перспективною для сталого розвитку міст та громад.

Отже, 3D-друк у будівництві – це не лише технічна інновація, а й крок до формування нової моделі індустріалізованого, “розумного” будівництва, яке поєднує цифрові технології, екологічність та ефективність використання ресурсів.

УДК 727

Принципи реконструкції шкіл у поствоєнний період

Principles of school reconstruction in the post-war period

М. С. Соловійов, студент, І. І. Крейзер канд. арх., доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова), О.М. Чуб канд. арх. (ТОВ «Інститут Харківпроект»)

Solovyov Nikita student of higher education (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), Kreizer Iryna Ph.D in Architecture, Associate Professor (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), Chub Oleksandr Ph.D in Architecture (LLC «Kharkivproject Institute»)

Розглянуто концепції післявоєнної реконструкції шкіл в Україні. Запропоновано мережеве планування із двомодовою експлуатацією будівлі школи: денний навчальний та вечірній громадський режими з розведеними потоками. Описано модель «школи з серцем» — світлий атриум як вузол орієнтації, від якого організовано кластери та гнучкі «ландшафти навчання» замість коридорів. Безпека інтегрована у форму простору (читабельні входи, природний нагляд, прямі шляхи до укриттів), а якість щоденного перебування забезпечують світло, акустика й мікроклімат. Передбачено поетапний запуск і ремонтпридатні конструкції, щоб школа легко масштабувалася під реальні потреби громади.

The text provides a concise but practical framework for the post-war reconstruction of schools in Ukraine. Network planning (radii, access roads, support nodes) is coordinated with dual-mode operation of the building: daytime educational and evening public modes with separate flows. It describes the “school with a heart” model—a bright atrium as an orientation hub, from which clusters and flexible “learning landscapes” are organized instead of corridors. Safety is integrated into the form of the space (clear entrances, natural surveillance, direct routes to shelters), and the quality of daily life is ensured by light, acoustics, and microclimate. A phased launch and repairable structures are provided so that the school can be easily scaled to the real needs of the community.

Післявоєнна школа — це не просто оновлена будівля, а публічний осередок мікрорайону, який забезпечує безперервність навчання, безпеку й залучення громади [1, 2]. Планування доцільно починати з аналізу мережі: реальних радіусів обслуговування, підвозу, очікуваної наповнюваності у короткостроковій та середньостроковій перспективі. У більшості випадків ефективнішим є компактний кампус із короткими, читабельними маршрутами, ніж набір розпоршених корпусів без єдиного сценарію роботи. Просторова

організація вибудовується навколо «серця» — світлого холу або атріуму, що слугує головним вузлом орієнтації та зустрічей. Від нього інтуїтивно зчитуються зв'язки до навчальних кластерів, медіатеки, майстерень та їдальні. Коридори перестають бути суто транзитними: вони включають різні з призначенням зони; сходи та галереї можуть виконувати роль невеликих амфітеатрів. Такий «ландшафт навчання» підтримує швидке перемикавання між індивідуальною та груповою роботою [3]. Будівля школи має працювати у двох режимах — денному навчальному та вечірньому громадському — без конфлікту потоків. Публічні блоки (спорт, актова зала, медіатека) доцільно розміщувати з окремими входами та санітарними вузлами, щоб вони функціонували автономно поза уроками та підтримували освітній процес упродовж дня. Питання безпеки вирішуються насамперед архітектурою: читабельні вхідні групи, природний нагляд завдяки прозорим фасадам і відкритим внутрішнім дворам, мінімальна кількість «сліпих» кутів. Маршрути до укриття мають бути прямими, короткими та очевидними з першого кроку. Така логіка зменшує фонову тривожність користувачів і підвищує керованість будівлі в нештатних ситуаціях. Комфорт середовища забезпечується збалансованою роботою світла, акустики й мікроклімату. Компактність об'єму, наскрізне провітрювання й матеріали з належною теплоемністю стабілізують умови без надмірної інженерії. Поруч із активними зонами передбачаються «тихі» ніші, сенсорні кімнати та місця короткого відпочинку. Територія розглядається як продовження навчального процесу. Захищений внутрішній дворик працює як простір відкритих занять, подій і відпочинку; за обмежених площ використовують тераси та покрівлі-амфітеатри. Пішохідні підходи мають бути комфортними й безпечними, з велопаркінгами та зрозумілим вечірнім освітленням; вхідні фронти — помітними та дружніми. Конструктивна схема повинна забезпечувати адаптивність. Універсальна колонна сітка без внутрішніх несучих стін полегшує перепланування; секційність із деформаційними швами локалізує ймовірні пошкодження без зупинки всієї будівлі. Оболонка — ремонтпридатна, з можливістю локальної заміни елементів; інженерні вузли й техкоридори розташовуються так, щоб профілактика та дрібні ремонти не порушували навчальний процес.

1. МОН України. Концепція «Нова українська школа». [Електронний ресурс]. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola> (дата звернення: 10.11.2025). 2. **Укрінформ**. В Україні зруйновано 1 668 шкіл, загалом 2 509 закладів освіти пошкоджено/зруйновано (дані Нацполіції, 09–2024). Новина. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ukrinform.ua> (дата звернення: 10.11.2025). 3. Schulen planen und bauen. Lernlandschaften: підходи до організації відкритих навчальних просторів. Портал практик. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.schulen-planen-und-bauen.de> (дата звернення: 10.11.2025).

УДК 004.94:378:624

Інтеграція BIM-орієнтованих програмних рішень у підготовку фахівців спеціальності “Будівництво та цивільна інженерія”

Integration of BIM-oriented software solutions into the training of civil and structural engineering specialists

Соловійов П.О., студент, Парфентьєва І.О., к.т.н. доцент, (Луцький національний технічний університет)

Soloviov P.O., student, Parfentieva I. O., Ph.D., associate professor, (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У роботі обґрунтовано необхідність оновлення освітньої програми спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» шляхом інтеграції BIM-орієнтованого програмного забезпечення. Розглянуто технічні переваги застосування RSA, Revit, Advance Steel, Recap та SketchUp у навчальному процесі. Запропоновані зміни спрямовані на підготовку фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифрового будівництва..

The report substantiates the need to update the Civil and Structural Engineering curriculum by integrating BIM-oriented software. It highlights the technical advantages of using RSA, Revit, Advance Steel, Recap, and SketchUp in education. The proposed changes aim to train professionals capable of working effectively in digital construction environments..

У сучасних умовах розвитку будівельної галузі та стрімкого впровадження цифрових технологій виникає нагальна потреба у перегляді та оновленні освітніх програм інженерних спеціальностей. Зокрема, освітня програма спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» повинна відповідати актуальним вимогам ринку праці, орієнтуватися на потреби роботодавців як в Україні, так і в країнах ЄС, а також забезпечувати формування компетентностей, необхідних для роботи в умовах цифрового будівництва.

Аналіз традиційних методів навчання показує, що дисципліни, такі як «Теоретична механіка», «Опір матеріалів» та «Будівельна механіка», формують у студентів фундаментальні знання з інженерних розрахунків. Освоєння методів розрахунку в середовищі Excel є важливим етапом, що сприяє розвитку навичок роботи з базовим програмним забезпеченням. Проте, сучасна освітня парадигма вимагає інтеграції спеціалізованих програмних комплексів, які дозволяють здійснювати розрахунки у напівавтоматизованому режимі, забезпечуючи точність, швидкість та відповідність європейським нормам проектування [1].

Одним із ключових напрямів модернізації програми є впровадження курсу, присвяченого вивченню Robot Structural Analysis (RSA). Цей програмний

продукт, розроблений на основі стандартів EUROCODE, забезпечує глибоку інтеграцію з екосистемою Autodesk, зокрема з Revit та AutoCAD. Завдяки цьому студенти мають змогу створювати аналітичні моделі на основі BIM-проектів, відстежувати зміни навантажень у реальному часі та формувати звіти відповідно до сучасних вимог [2].

У контексті 3D-моделювання доцільним є перегляд використовуваних програмних засобів. ArchiCAD, хоча й залишається популярним серед архітекторів, поступається Revit за рівнем інтеграції, актуальністю та поширеністю у професійному середовищі. Revit, як частина екосистеми Autodesk, забезпечує безперешкодну передачу даних між додатками, має широку базу готових елементів (Revit Family) та підтримує роботу з хмарою точок, що є критично важливим для сучасного проектування [3].

Щодо моделювання металевих конструкцій, програмне забезпечення Tekla, незважаючи на свою функціональну потужність, має високий поріг входу та обмежену доступність для студентів. Альтернативою є Advance Steel, який забезпечує швидкий старт для початківців, підтримує спільну роботу з AutoCAD та дозволяє ефективно реалізовувати проекти в середовищі BIM [4].

Додатково пропонується інтеграція програм Recap та SketchUp. Recap дозволяє працювати з 3D-сканами та хмарами точок, що сприяє точному аналізу об'єктів. SketchUp, у свою чергу, є інструментом для швидкого концептуального моделювання, що дозволяє оперативно презентувати ідеї замовнику без необхідності деталізації [5].

Модернізація освітньої програми спеціальності БЦІ є необхідною умовою для забезпечення конкурентоспроможності випускників на сучасному ринку праці. Інтеграція спеціалізованого програмного забезпечення, орієнтація на BIM-технології, заміна застарілих інструментів на актуальні рішення та впровадження додаткових курсів сприятимуть формуванню висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифрового будівництва.

1. Шиманський О. В. Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами / О. В. Шиманський. – Київ : Видавництво «Будівельна книга», 2019. – 312 с. 2. Залеський В. Г. BIM. Впровадження та практика / В. Г. Залеський. – Харків : Технічна книга, 2020. – 256 с. 3. Autodesk Community URL: <https://forums.autodesk.com> 4. LinkedIn – професійна мережа інженерів URL: <https://www.linkedin.com> 5. Reddit – інженерні форуми URL: <https://www.reddit.com/r/engineering>

УДК 004.021

Використання BIM-технологій для управління енергоефективністю будівель

Application of building information modeling (BIM) in energy-efficient building design

Хвищук П.В., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доцент (Луцький національний технічний університет)

Khvyshchuk P.V., student, Smal M.V., Ph.D., Assoc. Prof., Dzubynska O.V., Ph.D., Assoc. Prof. (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджено потенціал впровадження технології BIM, зокрема Autodesk Revit та модуля Autodesk Insight для проектування енергоефективних будівель по стандартам NZEB.

The paper investigates the potential of implementing BIM technology, specifically Autodesk Revit and the Autodesk Insight module, for designing energy-efficient buildings according to NZEB standards.

Інформаційне моделювання будівель (BIM) еволюціонувало з простого інструменту для цифрового креслення до інформаційної основи проекту, яка об'єднує в собі геометричні дані, матеріали, інженерні мережі, графіки робіт та специфікації протягом усього життєвого циклу споруди.

У сфері енергетики головна перевага BIM полягає у можливості приймати рішення, що ґрунтуються на аналізі продуктивності, вже на початкових етапах проектування – коли вибір має найбільший вплив на результат. Це також забезпечує послідовний процес будівництва, введення в експлуатацію, подальшої експлуатації та реконструкції, насичений узгодженими даними. Новітні дослідження регулярно підтверджують, що при ефективному поєднанні BIM з енергетичним моделюванням будівель (BEM) і робочими процесами, орієнтованими на продуктивність, досягається скорочення часу проектування, підвищення якості аналізу та відчутна економія енергії як для нових об'єктів, так і для модернізації. Масштаби економії енергії, які можна отримати на концептуальній та ескізній фазах, добре задокументовані: навіть несуттєві зміни у формі, орієнтації, площі скління та конструкції зовнішніх огорожувальних елементів здатні істотно змінити споживання енергії будівлею протягом усього її використання. Завдяки підтримці BIM та BEM з'явилася можливість проводити параметричні експерименти на спрощених геометричних моделях (кубах або «коробках»). Це дозволяє порівнювати десятки різних

варіантів та концептуальних рішень за години, а не дні, як це було раніше, а також візуалізувати компроміси у продуктивності безпосередньо в моделі. Сучасна інженерна практика це регламентує: наприклад, Стандарт ASHRAE 209 визначає низку циклів автоматизованого проектування та енергетичного моделювання. Ці цикли охоплюють усе – від аналізу масування «простих коробок» та зменшення загального навантаження до вибору та вдосконалення систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК), що підтверджує ключову роль інформаційного моделювання у розробці проекту, особливо інженерних мереж.

Система BIM дає змогу швидко конфігурувати параметри контуру будівлі – налаштовувати шари стінових конструкцій, рівень теплоізоляції, вплив містків холоду та характеристики скління. При цьому зберігається послідовний цифровий потік даних для подальшої документації та координації. Інтегровані робочі процеси дозволяють архітекторам і інженерам поєднувати варіанти конфігурації огорожувальних конструкцій з дослідженнями автономності денного світла та контролю сонячних теплових навантажень. Мета цього – зменшити навантаження на охолодження, що, своєю чергою, впливає на вибір типу, визначення потужностей та стратегії керування для систем ОВК. Оглядові дослідження вказують на те, що проект, який виконується у середовищі BIM, має значно меншу кількість незапланованих змін і виправлень. Це можливо завдяки виявленню потенційних проблем з продуктивністю (наприклад, надлишкове скління чи недостатнє затінення) на стадії, коли концепція проекту все ще відкрита для модифікацій.

Крім оптимізації навантажень, інтеграція BIM-BEM спрощує вивчення архетипів інженерних систем. Сюди входить моделювання систем кондиціонування зі змінним потоком холодоагенту (VRV), теплових насосів, а також спеціалізованих установок припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією енергії та їхнє подальше проектування. Зокрема, моделювання інженерних мереж у програмах типу Revit дозволяє завчасно уникати колізій з несучими елементами каркасу будівлі чи іншими комунікаціями та передавати дані для аналізу в Autodesk Insight. Autodesk Insight – це хмарна аналітична платформа, що має пряме підключення до Autodesk Revit. Вона розроблена для підтримки проектних команд в оцінці та оптимізації загальної продуктивності будівлі за такими ключовими параметрами, як енергоспоживання, денне освітлення, сонячна енергія, опалення та охолодження.

Завдяки інтуїтивно зрозумілим інформаційним панелям та можливостям порівняння різних сценаріїв, Insight дозволяє приймати рішення, що базуються на даних, протягом усього життєвого циклу об'єкта, від початкової концепції до експлуатації. Інтерфейс Insight сприяє оцінці продуктивності вже на ранніх етапах, надаючи користувачам можливість візуалізувати компроміси між різними проектними змінними, такими як орієнтація будівлі, конструкція

огороджувальних елементів, типи систем ОВК, коефіцієнти внутрішніх теплонаходжень та освітлення. При цьому Insight порівнює обрані рішення з визнаними галузевими стандартами, зокрема Architecture 2030 та ASHRAE 90.1.

Найсуттєвішим останнім оновленням Insight є функція загального аналізу вуглецю. З квітня 2025 року Autodesk поступово припиняє підтримку старих інструментів «Енергетичний аналіз» та «Green Building Studio», замінюючи їх на Insight Carbon Analysis. Нова функція пропонує інтегровану звітність щодо втілених (закладених у матеріали) та операційних (експлуатаційних) викидів вуглецю (рис. 1).

Перший технічний огляд Carbon Insights з'явився у Revit 2023.1 ще у 2023 році, що дозволило проєктувальникам оцінювати втілений вуглець від вибору стінових конструкцій та матеріалів. Цей крок є першою віхою на шляху до комплексного робочого процесу, який бере до уваги викиди вуглецю, інтегровані безпосередньо в проєктування будівель. Insight тепер має гнучкі інструментальні панелі для візуалізації вуглецю, виділеного як під час будівництва, так і в процесі експлуатації споруди. Платформа інтегрується з базою даних EC3 Building Transparency для аналізу вуглецевого вмісту в матеріалах та підтримує використання користувацьких метрик. Оцінка цих двох показників виділення вуглецю сприяє розробці комплексних проєктних рішень. Вона дає змогу враховувати компроміси між довговічністю огороджувальних конструкцій, вибором матеріалів та ефективністю енергетичних систем.

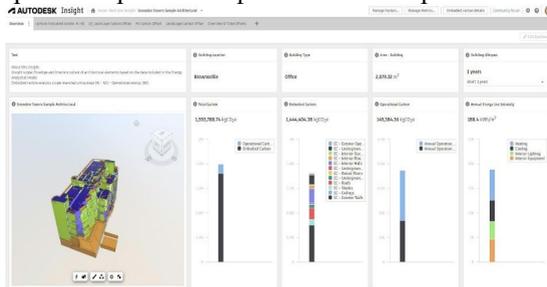


Рис. 1. Приклад карбонового розрахунку в Autodesk Insight

Візуальний, орієнтований на сценарне симулювання робочий процес Insight, зменшує час, необхідний для аналізу різних ітерацій проєкту, та сприяє кращому взаєморозумінню між різними відділами.

Це робить Insight стратегічним інструментом для досягнення цілей проєктування будівель із майже нульовим споживанням енергії (NZEB) або нульовим рівнем викидів. Інтеграція Insight з Revit, у поєднанні з інтуїтивно зрозумілими панелями та аналізом чутливості до вуглецю, дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення для підвищення рівня енергоефективності на всіх етапах проєкту.

УДК 624.076.2

Інженерно-технічне забезпечення діагностики корозійного стану під час реконструкції мостових споруд

Engineering and technical provision of corrosion diagnostics during the reconstruction of bridge structures

Н.П. Чиженко, к.т.н., доцент (Національний транспортний університет)

N.P. Chyzenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (National Transportation University)

Діагностика технічного стану металоконструкцій мостових споруд, експлуатація яких відбувається у корозійно-агресивних середовищах промислових підприємств, обумовлює необхідність розвитку методичного підходу, який забезпечує комплексний облік параметрів дійсного стану споруд та факторів режиму експлуатації.

Diagnostics of the technical state of metal structures of bridge structures, the operation of which takes place in corrosive and aggressive environments of industrial enterprises, necessitates the development of a methodical approach that provides a comprehensive account of the parameters of the actual state of the structures and factors of the operating mode.

Вирішення завдань, пов'язаних з організацією системи оцінки технічного стану металоконструкцій мостів, становить основу технічної діагностики, спрямованої на забезпечення виконання робіт ремонту та посилення металоконструкцій, виходячи з вимог забезпечення їх міцності, жорсткості та стійкості [1]. Оцінка експлуатаційної надійності будівель та споруд загалом, і навіть окремих конструктивів, вузлів і елементів з вимог використання загальних принципів технічної діагностики, здійснюється шляхом реалізації програми моніторингу технічного стану. Найважливішою умовою виконання робіт є організація системного обстеження, оцінка стану первинного та вторинного захисту від корозії; проведення прискорених корозійних випробувань зразків протикорозійних матеріалів, моделей та елементів конструкцій; виконання лабораторних та стендових випробувань систем лакофарбових покриттів; визначення необхідних характеристик міцності, параметрів жорсткості, стійкості як окремих конструкцій, так і споруд в цілому [1-4].

Для виконання моніторингу технічного стану мостових споруд у процесі їх зведення, реконструкції, ремонту та експлуатації необхідно виконати сукупність цілеспрямованих дій при виконанні технічної діагностики з використанням

неруйнівних методів контролю, заснованих на новітніх досягненнях науки та техніки [3]. Питання діагностики технічного стану металоконструкцій вимагають урахування впливу різних експлуатаційно-виробничих факторів для визначення дійсного стану та прогнозування терміну служби [4, 5].

Проблеми, відображені у дослідженні. Специфіка виконання програми робіт з технічної діагностики корозійного стану полягає в тому, що мостові споруди загалом та їх окремі частини розглядаються у стані динамічної рівноваги, а основними ознаками небезпеки виникнення аварійної ситуації є поява деформації споруди або її окремих конструкцій. При цьому об'єкт може характеризуватись безліччю станів, що потребують детального опису та обліку їхньої взаємодії.

Основним завданням дослідження є опис процедури перевірки, визначення стану в якому споруди моста знаходиться в даний час. З цією метою розглянуті методи реалізації перевірки – програмний і апаратний. Засобами реалізації програмного методу перевірки виступають як робочі експертні процедури і спеціально створені тестові прийоми. Апаратний спосіб полягає у використанні для діагностики вбудованих, стаціонарних чи зовнішніх, мобільних технічних засобів. У практиці діагностики технічного стану застосовуються обидва способи спільно, тому що результат впливів за заданою програмою не може бути замінений використанням апаратного або приладового забезпечення.

Справжній стан споруди моста представляється структурною схемою, яка визначає стан у кожний момент часу t значеннями вхідних - X_i , внутрішніх - Y_i та вихідних - Z_i координат, при цьому вхідні та внутрішні - змінні, а вихідні - функції. Графічне представлення процесу діагностики під час виконання процедури моніторингу корозійного стану представлено рис 1.

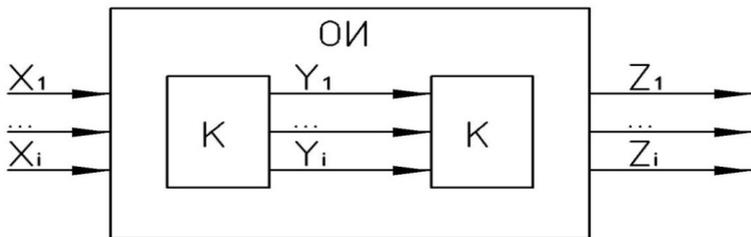


Рис. 1. Схема процесу діагностики корозійного стану мостової споруди

Умовний розподіл об'єкта дослідження (ОИ) на компоненти пов'язані з низкою об'єктивних умов і суб'єктивних передумов. Як компоненти K вибираються конструкції, деталі, вузли, які складають окремі самостійні системи або елементи (покриття, перекриття, стінове огороження, каркас будівлі або інженерно-технологічне обладнання, оснащення тощо). Об'єкт

контролю як логічна система може бути заданий графічно, аналітично, таблично, фізичною моделлю або іншою віртуальною формою, зручною для обробки методами комп'ютерно-інженерної технології.

Аналіз даних за результатами технічного діагностування стану металоконструкцій кранової естакади виробничої ділянки металургійного заводу в умовах агресивних впливів дозволив зробити висновок, що виявлені недосконалості первинного та вторинного захисту, інтенсивний розвиток корозійних процесів обумовлено невідповідністю технологічних параметрів, дії навантаження на об'єкт, умовам експлуатації та системи технічного обслуговування.

При експертному діагностуванні корозійного стану конструкцій не завжди однозначно вдається визначити всі фактори, що впливають на перебіг технологічних процесів та оцінити характер їх впливу на якість експлуатації об'єкта, що викликає необхідність створення єдиної методики аудиту металоконструкцій.

Розроблений підхід визначає послідовність заходів продовження залишкового ресурсу з використанням імовірнісно-фізичного методу аналізу надійності, що включає кількісну оцінку показників надійності на основі результатів експертного діагностування та результати фізико-хімічного та математичного моделювання корозійного руйнування при прискорених та стендових випробуваннях. Визначення залишкового ресурсу та прийняття рішення про подальшу експлуатацію об'єкта здійснюється згідно з встановленими закономірностями зміни параметрів, отриманих при аналізі механізмів розвитку пошкоджень та за результатами визначення функціональних показників.

1.ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель та споруд. Безпека експлуатації. – Мінрегіон України. 21 с. 2. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. 3.ISO 9223:2012 Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation Number of pages: 15. 4 Gibalenko A. Design requirements to structural steel durability based on level of industrial facility corrosion hazard / A Gibalenko, V Korolov, J Filatov // Aktualne problemy konstrukcji metalowych. 2014, Gdańsk Poland. P. 98-102.

УДК 711.25

Вплив зовнішніх факторів та часу на характеристики та стан матеріалів, що складають масив руйнації забудови

The influence of external factors and time on the characteristics and condition of materials that make up the destruction array of buildings

Швидкий Д. С., аспірант, Швець В.В., к.т.н., доц. (Вінницький національний технічний університет), Соколенко К.В., Ph.D, Соколенко В.М., к.т.н., доц. (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Київ)

Shvydkyi D.S., postgraduate student, Shvets V.V., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Vinnitsia National Technical University) Sokolenko V. M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Sokolenko K.V., Ph.D. in Engineering (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv)

Розглянуто вплив зовнішніх факторів та часу на зміну стану та характеристик матеріалів, що складають масиви руйнації забудови. Визначено три часові етапи після руйнування. Запропоновано використовувати прогностичний метод аналізу і вивчення вихідних умов та параметрів. Типологічний аналіз дозволить визначити загальні тренди та базові наслідки впливу зовнішніх факторів та часу на властивості ВБВРБС.

The influence of external factors and time on changes in the condition and characteristics of materials that make up the ruins of buildings is considered. Three time stages after destruction are identified. It is proposed to use a predictive analysis method and study the initial conditions and parameters. Typological analysis will allow determining general trends and basic consequences of the influence of external factors and time on the properties of construction waste.

Масиви руйнації житлової забудови, сформовані внаслідок бойових дій, характеризуються складною структурою з поєднанням залишків різнотипних матеріалів — бетону, металу, цегли, деревини, полімерів, скла та композитів. З часом властивості таких матеріалів змінюються не лише через первинне руйнування, а й унаслідок вторинних процесів — корозії, карбонізації, гідратації, замерзання-відтавання, біодеструкції тощо. Для населених місць східних областей очікується третій зимовий період, коли підсилиться вплив кліматичних наслідків. Дослідження цих змін є критично важливим для прийняття рішень щодо можливості повторного використання фрагментів матеріалів, безпечного демонтажу або рекультивациі територій.[1-3]. Зовнішні фактори, що впливають на стан матеріалів, визначаються природно кліматичними умовами та відсутністю будь яких заходів стабілізації або

консервації. В цих умовах не спрацьовує – час лікує. Для ВБВРБС час означає пришвидшену зміну властивостей матеріалів, що складають масив руйнації.

Під час вибухів, пожеж або тривалого теплового впливу спостерігаються структурні зміни у бетонах та кладках, дегідратація цементного каменю при 200–400 °С призводить до втрати міцності та розшарування. Додатковим чинником є формування у масиві руйнації продуктів вигорання органіки – золи, попелу, сажі тощо.

Існування під відкритим небом призводить до замочування всього масиву атмосферними опадами. Вплив вологи триває всі періоди року. Підвищена вологість повітря, атмосферні опади та затоплення зруйнованих будівель викликають розчинення іонів солей, що утворюють висоли на поверхнях кладки й бетону, вимивання кальцію з цементного каменю, що знижує рН і активує процеси карбонізації, корозію арматури при наявності хлоридів або кисню, яка призводить до розриву захисного шару та просочення оксидів заліза у матеріали.

Сучасні домогосподарства насичені побутовою технікою, меблями, основу яких складають синтетичні матеріали високої хімії. Вся ця складова, як вже відзначено, зазнала дії високих температур, загального структурного руйнування. Отже хімічна агресія середовища є невидною, але небезпечною.

Сонячна радіація впливає на можливі зміни у структурі полімерів, покриттів і навіть поверхневих шарів бетону через ультрафіолетове та радіаційне опромінення, що спричиняє деградацію полімерних зв'язків.

Часовий чинник деградації формує кумулятивний характер процесів руйнування. З часом їхня інтенсивність або наслідки посилюються. Умовно можна виділити три часові етапи після руйнування:

Початковий етап (0–6 місяців). Активні реакції між відкритими поверхнями матеріалів і атмосферним середовищем. Інтенсивне вивільнення вологи, солей, пилу, зокрема токсичного (сажа, свинець, мікрочастинки цементу). Середньостроковий етап (6 місяців – 5 років). Поглиблення процесів карбонізації (зниження рН до 8–9 замість 12–13 у здоровому бетоні). Початок корозії арматури, особливо у зонах контакту з вологою. Розповсюдження сульфатної корозії, утворення етастрингіту, що збільшує об'єм матеріалу і викликає відшарування. Довгостроковий етап (понад 5 років). Руйнування структури цементного каменю, повна втрата зв'язку з заповнювачем. Вторинна корозія металів, що створює порожнини та знижує несучу здатність уламкових мас. Біогенна активність (пліснява, бактерії, рослинність) руйнує залишки органічних матеріалів і сприяє ерозії кладки. Наразі більша частина міст знаходяться на другому етапі, але процеси деградацію вже отримують сталий та незворотній характер.

Взаємодія факторів і синергетичні ефекти в реальних умовах призводять до комплексного впливу зовнішніх чинників.

Наслідки для реконструкції та вторинного використання матеріалів дії часових чинників є виключно негативними. Реологічні дослідження у будівництві завжди відносились до категорії складних, у програму експерименту окрім набору досліджуваних факторів додається параметр часу. Автори виходять з припущення, що коректний експеримент складно, оскільки він може охопити тільки першу стадію – початковий етап. Доцільно використовувати прогностичний метод аналізу, і вивчати висхідні умови та параметри. Типологічний аналіз дозволить визначати загальні тренди та базові наслідки впливу зовнішніх факторів та часу на властивості ВБВРБС.

Висновки. Вплив зовнішніх факторів та часу є визначальним у формуванні фізико-хімічного стану матеріалів масиву руйнації.

Найбільш руйнівними чинниками є волога, температурні коливання, солі та атмосферна агресія.

Час посилює ефект деградації, перетворюючи первинні дефекти на незворотні структурні зміни.

Комплексна оцінка стану матеріалів повинна включати польові обстеження, лабораторні тести та моніторинг у динаміці.

Розуміння цих процесів є основою для формування ефективних стратегій післявоєнного відновлення, зокрема — рішень щодо демонтажу, рециклінгу та повторного використання будівельних матеріалів.

1. Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів / О. Р. Попович, Я. М. Захарко, М. С. Мальований // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. - 2013. - № 755. - С. 321-324. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_60. 2. Шуваєв А. Інструментарій залучення відходів будівництва та зносу до повторного господарського циклу в контексті їх класифікаційних ознак. Грааль науки. 2021. С. 600–605. 3. Рециклінг будівельних відходів / [Е. А. Шишкін, Ю. І. Гайко, К. І. Вяткін, А. О. Чала] // Містобудування та територіальне планування : Наук-техн. Збірник / Відпов. ред. М. М. Осетрін – Київ, КНУБА, 2018. – Вип. 66. – С. 654–666, ISSN 2076-815X

СЕКЦІЯ 4

**Дослідження матеріалів, конструкцій, інженерних та
транспортних мереж, ефективних технологій у міському
будівництві та господарстві**

УДК 691.32

Study of the combined corrosive effects of aggressive liquid media and electric current on composite building materials

Дослідження комбінованого корозійного впливу агресивних рідких середовищ та електричного струму на композиційні будівельні матеріали

O. Borziak, DSc (Tech.), Associate Professor, T. Rucińska, DSc (Tech.) (West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland), M. Hudymenko, PhD student (Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv)

О. Борзяк, д.т.н., доцент, Т. Ручінська, д.т.н. (Західнопоморський технологічний університет у Щецині, Щецин, Польща), М. С. Гудименко, аспірант (Український державний університет залізничного транспорту, Харків)

The study investigates the combined effect of electric current and aggressive liquid media on cement-based composite materials. Experimental results on electrochemical behavior, microstructure, and strength evolution help reveal the mechanisms of electrocorrosion processes and contribute to the improvement of protection methods for concrete structures.

У роботі досліджено комбінований вплив електричного струму та агресивних рідких середовищ на цементні композиційні матеріали. Експериментально визначено зміну електрохімічних параметрів, мікроструктури та міцності зразків, що дозволяє встановити закономірності електрокорозійних процесів і сприяє вдосконаленню методів захисту бетонних конструкцій.

Today, concrete and reinforced concrete are essential building materials, and their applications are constantly expanding. Almost simultaneously with the advent and widespread use of concrete, the electrification of all spheres of human activity occurred. Electricity powers industrial plants, construction, transportation, and everyday life. Some of this electricity is lost and leaks through the structures of buildings, structures, and components. Under most operating conditions, the corrosive effects of potential differences and electric current on reinforced concrete structures are not observed. However, electrocorrosive damage is common in structures exposed to water [1, 2]. The effects of electrical and chemical factors are synergistic: the presence of an aggressive liquid environment increases the conductivity of the material and accelerates electrochemical corrosion, while the flow of electric current enhances ion migration and leaching processes. The aim of the research is to study the processes of combined corrosive effects of electric current and aggressive liquid media on composite building materials based on mineral binders.

Experimental studies of cementitious composites exposed to the combined action of electric current and sodium chloride (NaCl) and sodium sulfate (Na_2SO_4) solutions were conducted. The research used a laboratory setup similar to that developed in work [3]. The study utilized a laboratory setup consisting of a polymer container, a DC power source (5, 15, and 40 V), an automatic voltage on/off system, a set of stainless steel electrodes, and a measuring system continuously recording the potential difference. A schematic diagram of the experimental setup is shown in Fig. 1. The study included: measuring changes in current and potential difference under the influence of a pulsed electric field; determining changes in pH and electrical conductivity of water flowing through the specimens; microstructural examination (SEM) and measurement of mechanical strength after the test cycle; establishing the relationship between polarization parameters and the rate of electrocorrosion.

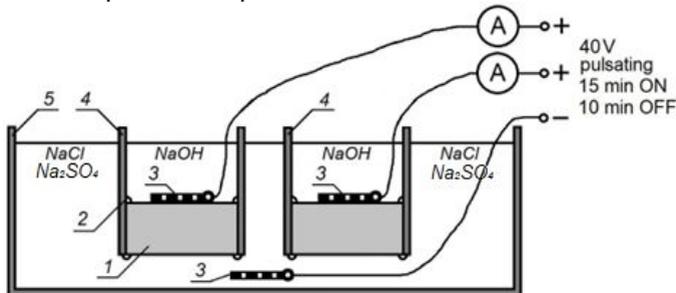


Fig. 1. Scheme of the study of the penetration of anions from a solution into cement composites under the action of an additional pulsating electric potential: 1 - sample (cement-sand mortar); 2 - silicone sealant; 3 - perforated steel electrodes; 4 - polypropylene pipe with a diameter of 100 mm and a length of 100 mm; 5 - polyethylene container

Studying the nature of electrical interactions with concrete, mortars, and their components, identifying new patterns of these interactions, and applying them to production and electrocorrosion protection technologies will enable the development of more advanced electrocorrosion protection measures for concrete and reinforced concrete structures and buildings, reducing their operation and maintenance costs, and increasing their durability. Such research meets modern global requirements and takes into account specific technical, economic, social, and environmental conditions, making it of great importance.

1. Ishida, T. et al. Theoretically identified strong coupling of carbonation rate and thermodynamic moisture states in micropores of concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2004, 2 (2), 213-22. 2. Плуґін О. А. та ін. Електричні впливи на бетон (електробробка та захист від електрокорозії бетонів, виробів і конструкцій із них). Харків, Форт, 2013, 300. 3. Журавель В. В. Бетони і розчини на основі портландцементу зі зниженою проникністю для хлорид-іонів для транспортних споруд. Дис.д-р філософії. Харків, УкрДУЗТ, 2025, 134.

УДК 625.88

Embroidered paving in the architectural environment of the city of Odesa

Вишиванкова бруківка в архітектурному середовищі міста Одеси

V. V. Dumanska, Ph.D. in Engineering, Associate Professor
D. O. Krantovska, higher education student (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa), S. V. Kravchuk, higher education student (Lviv Polytechnic National University)

В. В. Думанська, к.т.н., доцент, Д. О. Крантовська, студентка (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса), С. В. Кравчук (Національний університет «Львівська політехніка»)

This paper explores the concept of using embroidered paving patterns in urban spaces, particularly in Odesa, as a symbolic integration of Ukrainian tradition and modernity to express national identity. This decorative paving transforms ordinary urban surfaces into a cultural symbol that unites the city's historical architecture and fosters national unity. This approach turns the architectural space into a visual language of Ukrainian culture, carving history into stone.

У цій роботі досліджується концепція використання орнаментованої бруківки у міському просторі, зокрема в Одесі, як символічного поєднання українських традицій і сучасності для вираження національної ідентичності. Таке декоративне мощення перетворює звичайні міські поверхні на культурний символ, який об'єднує історичну архітектуру міста та сприяє національній єдності. Цей підхід перетворює архітектурний простір на своєрідну візуальну мову української культури, увічнюючи історію в камені.

Paving with embroidered patterns in the urban space is a symbolic combination of tradition and modernity, reflecting the national identity of Ukrainian society.

In the architectural environment of Odesa, this idea takes on special significance, as the city with its multicultural history embodies the harmonious coexistence of diverse cultural influences. The embroidered paving becomes a visual code of Ukrainian authenticity, integrated into the space of historical streets and contemporary public areas.

Decorative paving serves not only an aesthetic purpose but also shapes the cultural identity of the environment, creating a sense of national unity.

The traditional embroidery patterns, reproduced in stone, lend the city a unique character, visually connecting the architecture of the past and present. This approach

transforms ordinary pavement into an artistic and educational element that evokes pride in national heritage.

An example of such an idea is Ukraine Square in Curitiba (Brazil), where the pavement will feature a Ukrainian embroidery pattern symbolizing the unity of the Ukrainian community abroad.

In Ukraine, similar concepts have already been implemented – for instance, in Kamianets-Podilskyi (Fig. 1) and in Lutsk, in Lviv, in Chernivtsi et al., pedestrian alleys are paved with traditional embroidery motifs that harmoniously blend with the city’s architecture.



Fig. 1. An example of a Ukrainian ornament laid out with paving stones at one of the central intersections of the city of Kamianets-Podilskyi (Photo from open sources)

Ukrainian manufacturers of decorative paving also offer complex ornamental compositions for squares, parks, and sidewalks.

For Odesa, this concept could be realized in several ways:

- designing historical pedestrian zones with ornamented fragments;
- creating thematic squares;
- introducing a “Vyshyvanka Route” - a tourist pathway connecting the city’s cultural and architectural landmarks.

By using modern ecological materials and paving technologies, embroidered paving successfully combines beauty, functionality, and durability.

Thus, embroidered paving becomes not only a decorative element of the urban environment but also a cultural symbol of Odesa - a city that unites tradition, creativity, and national uniqueness. It transforms architectural space into a living language of Ukrainian culture, where each ornament becomes part of history carved in stone.

УДК 624.012.45:666.972.17

Неруйнівні методи оцінювання міцності бетонних та залізобетонних конструкцій

Non-destructive methods for assessing the strength of concrete and reinforced concrete structures

Андрійчук О.В., к.т.н., професор, Громов Д.Ю., аспірант (Луцький національний технічний університет)

Andriichuk O.V., Ph.D. in Engineering, Professor, Hromov D.Y., Postgraduate (Lutsk National Technical University)

У роботі описано особливості застосування неруйнівних методів контролю для оцінювання міцності бетонних і залізобетонних конструкцій. Проведено порівняння результатів склерометричних і пресових випробувань кубів і циліндрів зі звичайного бетону та сталевібробетону ($\mu = 1\%$). Встановлено кореляцію між середнім показником відскоку та міцністю на стиск. Отримані дані підтверджують ефективність неруйнівного методу контролю для наближеного визначення міцності та моніторингу експлуатаційного стану конструкцій.

The study examines the application of non-destructive testing methods for assessing the strength of concrete and reinforced concrete structures. A comparison was made between the results of sclerometric and compressive tests of cubes and cylinders made of ordinary concrete and steel fiber reinforced concrete ($\mu = 1\%$). A correlation between the average rebound value and compressive strength was established. The obtained data confirm the effectiveness of non-destructive testing for approximate strength estimation and structural condition monitoring.

У сучасному будівництві актуальною є проблема достовірного оцінювання технічного стану бетонних і залізобетонних конструкцій без порушення їхньої цілісності. Руйнівні методи, що потребують відбору зразків або часткового пошкодження елементів, не завжди придатні для обстеження існуючих споруд. Тому особливого значення набувають неруйнівні методи оцінювання, які дозволяють швидко визначати міцність, однорідність і ступінь пошкодження матеріалу. Їх застосування підвищує ефективність технічної діагностики, зменшує трудомісткість і вартість робіт при здійсненні технічного обстеження, а також забезпечує своєчасне виявлення дефектів під час експлуатації.

Метою роботи є узагальнення неруйнівних методів оцінювання міцності бетонних і залізобетонних конструкцій та порівняння результатів експериментальних склерометричних вимірювань і пресових випробувань кубів і циліндрів із звичайного бетону та сталевібробетону, що містить 1 % сталевих волокон за об'ємом.

Неруйнівні методи оцінювання міцності бетону ґрунтуються на вимірюванні основних фізико-механічних характеристик матеріалу, таких як твердість, пружність і опір розтягуванню, що корелюються із його міцністю на стиск. Залежно від принципу дії їх поділяють на кілька груп – механічні, акустичні, магнітні, радіаційні тощо.

Найчастіше застосовують: 1) методи визначення поверхневої твердості матеріалу (методи пластичної деформації, сколювання, відриву диску, відскоку та ударного імпульсу); 2) методи вимірювання динамічного модуля пружності; 3) методи, що враховують міцність при осьовому розтягу; 4) електромагнітні методи; 5) акустичні методи; 6) методи радіаційної дефектоскопії. Кожен із них дає змогу отримати непрямі показники міцності, що корелюються із результатами руйнівних випробувань.

Неруйнівні методи зручні у практичному використанні, проте потребують точного дотримання вимог нормативних методик. Для підвищення достовірності результатів доцільно розробляти власні калібрувальні залежності між отриманими даними неруйнівних вимірювань і результатами руйнівних випробувань.

Перспективним напрямом є оцінювання стану арматури в конструкціях, що перебувають в експлуатації. Наприклад у дослідженні [1] подано оцінку корозійного стану арматури в балках, які тривалий час перебували в умовах морського середовища. Доведено ефективність неруйнівних методів і рекомендовано поєднувати їх із вибіркоким розкриттям захисного шару. У роботі [2] подано класифікацію стадій корозійного пошкодження - від початкового ураження арматури до появи тріщин у бетоні. Дослідження [3] підтверджує ефективність комбінованого використання кількох неруйнівних методів, що дозволяє зменшити абсолютне відносне відхилення прогнозованої міцності до 10 %.

Неруйнівний контроль поступово стає важливим інструментом управління терміном експлуатації та забезпечення безпеки будівель і споруд, особливо за умов постійного моніторингу із застосуванням спеціалізованого обладнання [4].

Під час проведення експериментальних досліджень в будівельній лабораторії ЛНТУ для кожного зразка виконано по десять ударів склерометром (рис.1, а). За результатами вимірювань обчислено середнє значення показника відскоку R , стандартне відхилення s та коефіцієнт варіації CoV . Міцність на стиск визначалася за допомогою преса ПСУ-250 (рис. 1, б).

Для кубів без фібри середні значення R становили 40-44 МПа при $CoV = 12-14 \%$, а для кубів зі сталеву фібру ($\mu = 1 \%$) – 41-43 МПа при $CoV = 8-10 \%$. Середня міцність визначена руйнівним методом, становила 31-32 МПа для зразків без фібри та 32-36 МПа для сталевіфробетону. Введення сталевих волокон зменшило варіацію показників і сприяло підвищенню міцності. Для циліндрів без фібри середні значення R становили 32-36 МПа ($CoV = 10-12 \%$), а

для циліндрів із сталевією фіброю ($\mu = 1\%$) – 32-44 МПа ($CoV = 6-9\%$).

Результати руйнівних випробувань показали збільшення міцності сталевієобетону з 23-28 МПа до 25-31 МПа, що також підтверджує позитивний вплив дисперсного армування на структуру матеріалу.



Рис. 1. Лабораторне обладнання для вимірювання міцності:
а – електричний склерометр (неруйнівний метод);
б – прес ПСУ-250 (руйнівний метод)

Отже, склерометричні випробування забезпечують достатню точність для орієнтовного визначення міцності бетону за умови калібрування результатів за контрольними пресовими випробуваннями.

Отримані значення коефіцієнтів варіації свідчать про високу повторюваність даних і задовільну однорідність структури зразків. Додавання 1 % сталевих волокон підвищує міцність на стиск і зменшує розсіювання результатів неруйнівного контролю, що підтверджує стабілізуючий вплив дисперсного армування. Неруйнівні методи доцільно застосовувати для оперативного моніторингу технічного стану бетонних і залізобетонних конструкцій під час експлуатації, що забезпечує своєчасне виявлення дефектів і підвищення надійності споруд.

1. Hornbostel K., Danner T., Geiker M.R. Non-destructive Test Methods for Corrosion Detection in Reinforced Concrete Structures. *Nordic Concrete Research*, 2020, No. 62(1), pp. 41–61. DOI: <https://doi.org/10.2478/ncr-2019-0005>.

2. Zaki A., Chai H.K., Aggelis D.G., Alver N. Non-Destructive Evaluation for Corrosion Monitoring in Concrete: A Review and Capability of Acoustic Emission Technique. *Sensors*, 2015, 15, 19069–19101. DOI: <https://doi.org/10.3390/s150819069>.

3. Demir T., Ulucan M., Alyamaç K.E. Development of Combined Methods Using Non-Destructive Test Methods to Determine the In-Place Strength of High-Strength Concretes. *Processes*, 2023, 11(3), 673. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11030673>.

4. Lang C., Willmes M. Non-Destructive Testing of Reinforced Concrete Structures. In: *Proceedings of the International Symposium on Structural Health Monitoring and Nondestructive Testing (SHM NDT)*, 4–5 October 2018, Saarbruecken, Germany.

УДК 628.24

Аналіз просторових змін продуктів сульфатної корозії бетонних каналізаційних колекторів

Analysis of spatial changes in sulfate corrosion products of concrete sewer collectors

О. Борзяк, д.т.н., доцент (Західнопоморський технологічний університет у Щецині, Щецин, Польща), М.С. Гудименко, аспірант, Юй Вей, аспірант (Український державний університет залізничного транспорту, Харків)

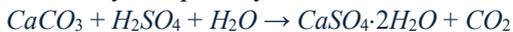
O. Borziak, DSc (Tech.), Associate Professor (West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland), M. Hudyenko, PhD student, Yu Wei, PhD student (Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv)

У роботі проаналізовано просторові зміни продуктів сульфатної корозії в бетонних каналізаційних колекторах. На основі досліджень мікроструктури та елементного складу встановлено ступінь деградації бетону та характер корозійних процесів, що дозволяє оцінити рівень пошкодження та потенційні ризики для експлуатації каналізаційної мережі.

The study analyzes the spatial distribution of sulfate corrosion products in concrete sewer collectors. Based on microstructure and elemental composition studies, the degree of concrete degradation and the nature of corrosion processes were determined, allowing for an assessment of the damage level and potential risks to network operation.

Основною причиною корозійних ушкоджень у каналізаційних системах є біокорозія, яка спричинена окисненням сполук сірки до сірчаної кислоти тіогенними (сіркоутворюючими) бактеріями. Механізм біогенної корозії під дією сірчаної кислоти ось у чому. Бетон має сильнолужне середовище ($\text{pH} > 12$), що не сприяє зростанню корозійних бактерій. Однак карбонізація знижує лужність до $\text{pH} < 9$. У цьому середовищі процвітають такі види бактерій: *Thiobacillus novellas*, *Thiobacillus neapolitanus* та *Thiobacillus thioaragus*. Активна діяльність бактерій призводить до подальшого зниження лужності поверхні бетону до $\text{pH} < 5$ [1, 2].

Біогенна сірчана кислота, що утворюється, викликає руйнування бетону, у тому числі утворення гіпсу і етtringіту:



Кінцевим механізмом руйнування бетону, згідно з цими закономірностями, є кислотно-сольова корозія сульфатного типу. Отже, в

конструкціях, схильних до біокорозії, очікується поява таких продуктів корозії, як етtringіт і гіпс.

Метою дослідження було визначення ступеня зношування бетонної каналізаційної камери. Камера є місцем з'єднання об'єднаних потоків стічних вод. Для визначення співвідношення вихідних компонентів цементного каменю та продуктів корозії було визначено структуру та мінеральний склад зразків бетону. Визначення цього співвідношення дозволить оцінити рівень пошкодження досліджуваних конструкцій каналізаційної мережі. За допомогою скануючого електронного мікроскопу Hitachi TM3000 з насадкою EDS-Braker для визначення елементного складу були проведені дослідження мікроструктури та елементного складу зразків, відібраних зі стін та склепіння камери, рис. 1.

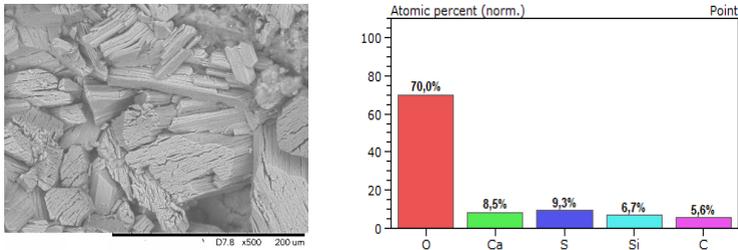


Рис 1. СЕМ та елементний склад зразків бетону

Результати випробувань показують, що проби, відібрані на однаковій відстані від дна камери, мають схожий склад та структуру. Зразки, відібрані на глибині 5 см, містять продукти корозії металевої арматури, у структурі також виразно видно кристали гіпсу. Хоча в пробах міститься вуглець, на знімках не видно форми, характерні для біологічних об'єктів (бактерій тощо), отже процес структурної зміни бетону носить виключно хімічний характер. Структура зразків, що є зіскрібками з поверхні стінок камери, демонструє скупчення речовин, відповідні біологічним скупченням. Жоден з досліджених зразків не містить кристалічних продуктів гідратації цементу, що визначають міцність цементного каменю і, отже, бетону.

1. Sagor Kumar Pramanik, Muhammed Bhuiyan, Dilan Robert, Rajeev Roychand, Li Gao, Ivan Cole, Biplob Kumar Pramanik, Bio-corrosion in concrete sewer systems: Mechanisms and mitigation strategies, *Science of The Total Environment*, Vol. 921, 2024, 171231, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171231>. 2. J Monteny, E Vincke, A Beeldens, N De Belie, L Taerwe, D Van Gemert, W Verstraete, Chemical, microbiological, and in situ test methods for biogenic sulfuric acid corrosion of concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 30, Issue 4, 2000, P 623-634, [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00219-2](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00219-2).

УДК 625.7

Моделювання транспортних потоків у будівництві автомобільних шляхів

Traffic Flow Modeling in the Construction of Automobile Roads

М. В. Буряк, к.т.н., доцент, О. С. Шевчук, к.т.н., доцент, О.П. Захарчук, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

M. V Buriak, PhD, Associate Professor, O. S. Shevchuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, O. P. Zakharchuk, PhD in Technical Sciences, Associate Professor (West Ukrainian National University, Ternopil)

Розглянуто роль моделювання насиченості транспортних потоків як фундаментального інструменту цивільної інженерії та будівництва автошляхів. Висвітлено як моделювання забезпечує інженерне обґрунтування проєктів, визначає оптимальні геометричні параметри доріг і допомагає у плануванні інтелектуальних транспортних систем.

The role of traffic flow modeling as a fundamental tool of civil engineering and road safety is considered. It is shown how modeling ensures the engineering framework of projects, determines the optimal geometric parameters of roads and assists in the planning of intelligent transport systems.

Моделювання насиченості транспортних потоків є методологічно обґрунтованим інженерним інструментом на етапі проєктування, будівництва та реконструкції автомобільних шляхів [1-6]. Воно дозволяє інженерам-будівельникам кількісно обґрунтувати доцільність інвестицій та необхідність проєкту, прогнозуючи, як нова автомагістраль, об'їзна дорога чи складна розв'язка вплине на існуючі потоки та їхнє майбутнє зростання. Результати моделювання безпосередньо впливають на ключові геометричні параметри дороги, включаючи визначення потрібної кількості смуг для запобігання перевантаженню, оптимальні розміри та конфігурацію транспортних розв'язок, а також довжину смуг розгону та гальмування. Крім того, моделі допомагають оцінити ефект "узбіччя", тобто ризик перевантаження або "обвалу" прилеглих місцевих доріг, спричиненого зміщенням трафіку.

Вибір методології моделювання (мікроскопічні, макроскопічні або мезоскопічні підходи) тісно пов'язаний з конструктивними рішеннями та майбутньою експлуатацією. Зокрема, мікромоделювання (використовуючи, наприклад, PTV Vissim [2] або AIMSUN [3]) необхідне для детального аналізу

складних інженерних вузлів – багаторівневих розв'язок чи зон злиття потоків [4]. Таке деталізоване моделювання дозволяє інженерам оптимізувати радіуси кривих та мінімізувати точки конфлікту, що критично важливо для забезпечення безпеки дорожнього руху. Також оцінка динаміки руху (частота гальмувань та прискорень) важлива для проектування дорожнього покриття, оскільки рух у режимі "старт-стоп" створює підвищені навантаження, особливо на під'їздах до світлофорів чи пунктів оплати проїзду. При будівництві "розумних доріг" моделювання за допомогою таких інструментів як AIMSUN або SUMO є незамінним для інтеграції та тестування інтелектуальних транспортних систем (ІТС) [3, 5], таких як динамічні знаки чи системи збору плати, безпосередньо в конструкцію шляху.

Крім суто інженерних завдань, цивільна інженерія вимагає врахування екологічного та соціального впливу роботи ІТС. Завдяки моделюванню точно розраховується зміна викидів CO₂, NO_x та рівня шуму від транспортних засобів, що є обов'язковою складовою оцінки впливу на довкілля (ОВД) нового будівельного проєкту [6]. На основі цих даних інженери можуть передбачати та проєктувати компенсаційні споруди, як-от шумозахисні екрани. З соціально-економічного погляду, зниження часу затримки та загального часу поїздки, що вираховується моделями, конвертується у пряму економічну вигоду для регіону. Таким чином, моделювання насиченості транспортних потоків у будівництві автомобільних шляхів є не просто прогнозом, а комплексним інструментом підтримки рішень, який забезпечує оптимальність, безпеку та екологічну відповідальність самої конструкції дороги та її майбутньої експлуатації.

1. Синій С.В., Крантовська О.М., Ксьоншкевич Л.М., Ксьоншкевич А.С., Сунак П.О. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень об'єктів будівництва. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 198-206. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-21) . 2. Multimodal Traffic Simulation Software. PTV Vissim. URL: <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim> . 3. Mobility intelligence for decisions that count. Aimsun. URL: <https://www.aimsun.com/> . 4. Ундерко Л.Е., Розум Р.І., Буряк М.В. Інтелектуальна транспортна система-опис і функції. *Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталый розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжн. наук.-практ. конф.*, 25-26 лист. 2024, Харків, ХНАДУ, 123–125. <https://dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/830fcbca-1032-4fcb-8b46-34247498b2c4/content> . 5. Вороновський М. І., Юрчак І. Ю. Оптимізація дорожнього руху за допомогою підкріплювального навчання. *CSN*, 2025, 7(1), 60-67. <https://doi.org/10.23939/csn2025.01.060> . 6. Попович П.В., Маяк М.М., Розум Р.І., Буряк М.В., Березька К.М., Коваль Ю.Б., Мишко С.А. Дослідження стану транспортної інфраструктури міста Тернополя. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 2023. 7(38), ч.ІІ., 243-249. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).2.243-249](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).2.243-249) .

УДК 625.745

Реконструкція перехрестя вулиць Дубнівська та Карпенка-Карого у місті Луцьку з використанням методу транспортного мікромоделювання

Reconstruction of the intersection of Dubnivska and Karpenka-Kary Streets in the city of Lutsk using the method of transport micromodeling

О.В. Верешко, к.т.н., доцент, С.М. Остапчук, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

O.V. Vereshko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, S.M. Ostapchuk, student pursuing a second (master's) degree in higher education (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проаналізовано існуючий стан досліджуваного перехрестя, отримано необхідні вихідні дані для подальшого моделювання. Запропоновано три різні варіанти реконструкції даного перехрестя за допомогою програмного продукту PTV Vissim.

The current state of the intersection under study was analyzed, and the necessary initial data for further modeling was obtained. Three different options for reconstructing this intersection using the PTV Vissim software product were proposed.

Сучасний розвиток міської транспортної інфраструктури потребує удосконалення перехресть, які часто стають місцями заторів і підвищеної аварійності. Для цього ефективним інструментом є транспортне мікромоделювання, що дозволяє досліджувати роботу транспортних вузлів у реальних умовах і прогнозувати ефективність запропонованих інженерних рішень, що відповідають існуючим державним будівельним нормам [1-3].

Об'єктом дослідження є перехрестя вулиць Дубнівська та Карпенка-Карого у місті Луцьк, яке характеризується великою інтенсивністю руху, складною геометрією та значною кількістю конфліктних точок. Існуюча організація руху створює перевантаження в години пік, коли середній час затримки сягає понад 270 секунд, а середня швидкість становить лише 11 км/год.

У програмному середовищі PTV Vissim було виконано моделювання існуючої ситуації (рис. 1) та розроблено три варіанти реконструкції з метою покращення пропускну здатності та безпеки руху.

Перший варіант передбачає заміну традиційного перехрестя на кільцеву розв'язку з додатковими смугами на підходах. Моделювання показало, що така схема дозволяє зменшити середній час затримки транспорту на 35 %, а середня

швидкість руху зросла до 18–19 км/год. Зменшення кількості конфліктних точок сприяло підвищенню безпеки, однак через високу інтенсивність потоків на головних напрямках періодично спостерігалися труднощі з в'їздом на кільце. Отже, кільцевий рух виявився ефективним рішенням для підвищення безпеки, але не повністю усунув затори в пікові години.



Рис. 1. Існуючий стан перехрестя змодельований в програмному комплексі PTV Vissim

Другий варіант включав створення додаткових смуг для правих поворотів і коригування фаз світлофорного циклу. Це дозволило суттєво розвантажити основні напрямки руху та забезпечити безперервність для частини транспортних потоків. За результатами моделювання, середній час затримки зменшився майже на 40 % (до 162,8 с), а середня швидкість зросла до приблизно 25 км/год. Зменшилася також щільність транспортного потоку, що позитивно вплинуло на плавність руху та комфорт водіїв. Таким чином, цей варіант поєднав високу ефективність та економічну доцільність, не потребуючи великих обсягів будівельно-монтажних робіт.

Третій варіант передбачав будівництво дворівневої розв'язки типу «конюшина», що повністю усуває конфліктні точки між транспортними потоками (рис.2). Моделювання показало найкращі технічні показники серед усіх рішень: середній час затримки скоротився майже втричі (до 95 секунд), середня швидкість руху зросла до понад 33 км/год, а пропускна здатність збільшилася більш ніж на 40 % у порівнянні з існуючим станом. Проте реалізація цього рішення вимагає значних фінансових витрат, додаткових земельних ділянок та складних інженерних робіт, що знижує його практичну доцільність у межах щільної міської забудови Луцька.

Найкращі технічні показники забезпечує дворівнева розв'язка, проте оптимальним для реалізації в міських умовах є другий варіант – облаштування

відокремлених смуг для правих поворотів і оптимізація світлофорного регулювання.



Рис. 2. Проектний варіант перехрестя перехрестя змодельований в програмному комплексі PTV Vissim

Саме він дає змогу досягнути значного покращення пропускної здатності при мінімальних витратах, скорочує затримки на 40 % і підвищує швидкість руху майже вдвічі (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльний аналіз показників ефективності різних варіантів організації дорожнього руху на перехресті

Показник	Існуючий стан	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Середній час затримки, с.	274,35	30,55	96,69	3,05
Середній час простою, с.	202,11	15,26	76,05	0,04
Середня швидкість, км/год	11,15	30,8	23,67	44,72
Середнє число зупинок	9,44	2,12	3,31	0,1
Кількість ТЗ/год, шт.	2705	3505	3684	3721

Застосування методу транспортного мікромодельовання дозволило отримати кількісні дані для кожного рішення та обґрунтувати вибір найбільш ефективного варіанту реконструкції.

1. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 84 с. 2. ДБН В.2.3-7:2023. Автомобільні дороги. - Київ : Мінвідновлення України, 2023. 3. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : [Чинний від 2016–04–01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2015.

УДК 624.131.537:628.21:711.4

Моніторинг та оновлення дорожньої інфраструктури та обладнання, що забезпечують транспортування води в міській забудові

Monitoring and updating road infrastructure and equipment that ensure water transportation in urban areas

О. Г. Добровольська, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), О. М. Фостащенко, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)

O.G. Dobrovolska, Ph.D., Associate Professor, (Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhia), O. M. Fostashchenko, Ph.D., Associate Professor, (Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhia)

У тезах розглянуто питання моніторингу та реконструкції дорожньої інфраструктури, що забезпечує транспортування поверхневих вод у міських умовах. Наведено приклад реконструкції водопропускної споруди в м. Запоріжжі та окреслено сучасні підходи до підвищення надійності гідротехнічних елементів.

The thesis presents an analysis of monitoring and reconstruction methods for urban road infrastructure that ensures the drainage of surface water. A case study of the culvert reconstruction in Zaporizhzhia is provided, highlighting modern approaches to improving the reliability of hydraulic structures.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення надійного функціонування дорожньої інфраструктури та споруд, які задіяні у транспортуванні атмосферних вод у межах міської забудови. Інтенсивні опади, збільшення площі водонепроникних поверхонь і недостатня пропускна здатність дренажних систем призводять до локальних підтоплень, руйнування дорожнього покриття та виходу з ладу інженерного обладнання. Відсутність своєчасного контролю та оновлення таких об'єктів може призвести до порушення транспортного сполучення, ерозійних процесів та підвищення ризику аварійних ситуацій. Отже, комплексне вивчення стану доріг та обладнання для транспортування води, а також впровадження ефективних методів їх моніторингу та реконструкції є важливим завданням для забезпечення безпеки та сталого розвитку міських територій.

Актуальні дослідження з проблеми управління міським стоком і обслуговування інфраструктури показують три взаємопов'язані напрями, важливі для моніторингу дамб, водопропускних труб і доріг у контексті попередження підтоплень. По-перше, для планування робіт з відновлення та

зниження ризику аварій через перевантаження каналів водовідведення ефективним підходом є впровадження практики та методики моніторингу та оцінки стану труб і кюветів [1]. Це дозволяє систематизувати об'єкти інфраструктури, визначити пріоритети для ремонту та прогнозувати залишковий ресурс, тому що процедури інвентаризації та інспекцій значно полегшують менеджмент дорожніх дренажних елементів і підвищують ефективність прийняття рішень щодо їх реконструкції та заміни.

По-друге, застосування вимірювальних мереж (датчиків рівня води, потоку, якості води, температури ґрунту, сенсорів для виявлення дефектів), дає можливість проводити безперервний моніторинг стану дамб, кюветів і водопропускних труб у реальному часі, що підвищує своєчасність виявлення загроз засмічень та підтікань, скорочує час на аварійні ремонти [2]. По-третє, поєднання інженерного облаштування з розумними системами керування та «зеленою» інфраструктурою (застосування систем реального часу, алгоритмів прогнозування витрат і оптимізації роботи засувок і резервуарів) дозволяє зменшувати пікові навантаження на підземні пропускні споруди та знижувати ризик перевищення пропускної здатності труб і дамб під час інтенсивних опадів [3].

Об'єктом реконструкції в м. Запоріжжі є штучна споруда – водопропускний вузол, призначений для пропуску вод річки Верхня Хортиця під автомобільною дорогою по вул. Котляревського. Конструктивно споруда представлена двома водопропускними трубами зі збірних залізобетонних розтрубних ланок діаметром 1500 мм і довжиною 2,0 м. Загальна довжина труб становить 10,0 м. Проектними рішеннями передбачено влаштування дощоприймальних та оглядових колодязів для збору поверхневих вод, а також водоскиду в існуючий водовідвідний лоток. Капітальним ремонтом передбачено відновлення дорожнього одягу, посилення конструкцій насипу та підвищення водонепроникності поверхні. Вплив на водне середовище при експлуатації дамби та водопропускної труби мінімізується за рахунок організованого збору та направлення поверхневого стоку до системи зливової каналізації.

Реконструкція водопропускної споруди по вул. Котляревського в м. Запоріжжі є прикладом локального інженерного рішення, спрямованого на підвищення надійності транспортної інфраструктури та екологічної безпеки.

1. Najafi M., Bhattachar D.V.(2011). Development of a culvert inventory and inspection framework for asset management of road structures. *J. King Saud Univ. Sci.* 23, 3, 243–254. <https://surl.li/mwywht> 2. Bertrand-Krajewski J.-L., Clemens F., Lepot M. (2021). Metrology in Urban Drainage and Stormwater Management : plug and pray? *IWA Publishing*, 464. DOI: 10.2166/9781789060119. <https://iwaponline.com/ebooks/book/835/Metrology-in-Urban-Drainage-and-Stormwater#.3>. Xie J., Qiang W., Lin Y., Fan G. (2025). Enhancing urban drainage resilience through holistic stormwater regulation: a review. *Water*, 17, 1536. DOI: 10.3390/w17101536. <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/10/1536>

УДК 692;624.01

Сучасні підходи у відновленні та реконструкції об'єктів будівництва

Modern approaches to the restoration and reconstruction of construction facilities

І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), В.М. Колякова к.т.н., доцент (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), С.В. Ротко, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

I.V. Zadorozhnikova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), V. M. Koliakova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv), S.V. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проаналізовано сучасні технології та матеріали, що забезпечують ефективну реконструкцію і відновлення будівель. Запропоновано принципи підвищення стійкості, енергоефективності та швидкості відбудови із застосуванням інноваційних конструктивних рішень.

Modern technologies and materials ensuring effective reconstruction and restoration of buildings are analyzed. The principles for enhancing resilience, energy efficiency, and reconstruction speed through the use of innovative structural solutions are proposed.

Реконструкція передбачає особливі підходи до оцінки технічного стану, підсилення конструкцій, оптимізації логістики матеріалів та мінімізації часу відновлення. У таких умовах необхідно поєднувати традиційні методи інженерного відновлення з новими технологіями.

Серед основних технічних та організаційних викликів можна виділити наступні: руйнування несучих елементів; пошкодження кладки та огорожувальних конструкцій вибуховими навантаженнями; порушення основ і фундаментів через ударні хвилі; нестачу традиційних будівельних матеріалів і енергоресурсів; ризики повторних обстрілів, що потребують проектування з підвищеним рівнем стійкості.

В цих умовах реконструкційні роботи повинні відповідати принципам: мінімальної трудомісткості та мобільності; високої швидкості монтажу; використання локальних і вторинних матеріалів. Необхідно застосовувати інноваційні матеріали для відновлення зруйнованих будівель, а саме: геополімерні бетони; волокнисто-композитні системи (FRP, FRCM); легкі

бетони і модульні збірні системи; дерев'яні клеєні панелі; аерогелевих утеплювачів.

В свою чергу, технологічні підходи до реконструкції в кризових умовах мають враховувати нові вимоги до безпеки, енергоефективності, інклюзивності та екологічності. Використання BIM-моделювання прискорить інвентаризацію пошкоджень, формування кошторисів, узгодження конструктивних рішень і контроль виконання робіт. Заводська префабрикація та мобільні будівельні комплекси дадуть змогу скоротити тривалість реконструкції до 30–40 %, забезпечуючи точність геометрії та високу якість з'єднань. Енергоефективна та автономна реновація дозволить відновленим об'єктам бути енергетично незалежними, оснащеними сонячними станціями, тепловими насосами, резервними акумуляторними системами, що гарантує стабільність функціонування навіть при руйнуванні енергомереж.

Реалізація заходів з реконструкції потребує: швидкої попередньої оцінки пошкоджень за допомогою дронів і лазерного сканування; класифікації об'єктів за рівнем відновлюваності; створення модульних житлових кластерів, що можуть бути інтегровані у відновлену міську структуру; використання типових конструктивних систем для уніфікації проектних рішень і скорочення витрат.

Перспективою розвитку та нормативної адаптації для системного управління відбудовою важливо розробити державні стандарти з відновлення зруйнованих будівель; внести певні зміни до ДБН та Єврокодів щодо реконструкції після динамічних впливів; підготувати науково-практичні рекомендації для проектних і будівельних організацій

1. Була, С. С., Холод, П. Ф., Богдан, С. М., & Садловська, М. І. (2018). Підсилення GFRP-сітками цегляних конструкцій, що зазнали вогневого впливу. Львів: Львівська політехніка. <https://ena.lpnu.ua/items/02c4559b-b6ba-4faa-8247-3686ef021c15>
2. Руднєва, І. (2021). Технологічні особливості підсилення металевих конструкцій методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем при реконструкції. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (8), 32–43. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.32-43>
3. Литвиненко, І. Ю., & Бліхарський, Я. З. (2024). *Composite materials for strengthening of reinforced concrete structures – a review*. Львів: Львівська політехніка. <https://ena.lpnu.ua/items/872e60e5-373b-4b6b-8fb8-120c2fe24929>
4. Практика застосування 3D-друку для відновлення будівель із уламків зруйнованих споруд. (2025). *Pragmatika Media*. <https://pragmatika.media/news/u-knuba-rozrobliaiut-beton-dlia-3d-druku-budivel-z-ulamkiv-zrujnovanykh-sporud/>
5. <https://repository.knuba.edu.ua/items/1888c16b-5a17-46ea-8864-ff62e29d4241>

УДК 624.042.1

Гібридні дерев'яно-бетонні конструкції: сучасні підходи та тенденції розвитку

Hybrid Timber-Concrete Structures: Modern Approaches and Development Trends

І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Чапюк О.С., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Рябік П.М., магістрант (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

I.V. Zadorozhnikova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), O.S. Chapiuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Riabiik P.M. graduate student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проаналізовано сучасні підходи до проектування та застосування гібридних дерев'яно-бетонних конструкцій. Проаналізовано їхні конструктивні, екологічні та технологічні переваги, а також перспективи впровадження у сталому містобудуванні.

The paper analyzes modern approaches to the design and application of hybrid timber-concrete structures. Their structural, environmental, and technological advantages are examined, as well as the prospects for implementation in sustainable urban development.

Гібридні дерев'яно-бетонні системи є одним із найперспективніших напрямів сучасного будівництва, що поєднує природні та штучні матеріали для отримання оптимальних експлуатаційних характеристик. Поєднання деревини та бетону дозволяє максимально використати перевагу кожного з них: деревина робить конструкцію легкою при цьому з достатньою несучою здатністю та гнучкістю, тоді як бетон забезпечує стійкість до стискання, тривку форму та опір зовнішнім впливам. Таке конструктивне рішення формує основу для створення енергоефективних, надійних та довговічних споруд, адаптованих до різних кліматичних умов.

Композитні системи типу «деревина–бетон» мають низку переваг, які зумовили їхнє активне впровадження у світовій будівельній практиці. Головними з них є зменшення власної ваги будівлі, зниження навантаження на основу, економія матеріальних ресурсів та енергетичних витрат на зведення. Завдяки цьому такі конструкції стають доцільними для реконструкцій і надбудов, а також для спорудження багатоповерхових житлових і громадських об'єктів. Поєднання цих матеріалів дає можливість ефективно розподіляти

навантаження, підвищувати опір деформаціям і зменшувати ризик локальних руйнувань. Гібридні системи характеризуються покращеними тепло- та звукоізоляційними параметрами, що відповідає принципам сучасного енергоефективного будівництва.

Цифрові методи проектування, зокрема BIM-моделювання, відіграють ключову роль у сучасній практиці створення гібридних конструкцій. Вони забезпечують точну візуалізацію, оптимізацію витрат матеріалів та мінімізацію відходів. Технології лазерного різання, 3D-друку й автоматизованого складання дозволяють виготовляти складні просторові елементи з високою точністю та коротшими термінами виконання робіт.

Сфери застосування: 1). в житловому будівництві дерев'яно-бетонні системи використовуються для створення легких, але міцних конструкцій перекриттів і стін, що поєднують комфорт, енергоефективність та сучасну естетику. 2).в громадських та комерційних спорудах ці конструкції дозволяють реалізовувати інноваційні архітектурні рішення — відкриті простори, великі прольоти, високі світлові зали. 3). в транспортній інфраструктурі - для створення мостових споруд і пішохідних переходів, що потребують високої жорсткості при мінімальній масі.

Гібридні дерев'яно-бетонні конструкції працюють за принципом композитної взаємодії. Деревина, маючи високу міцність на розтяг, бере участь у сприйнятті розтягувальних зусиль, тоді як бетон несе основне стискальне навантаження. Сумісна робота забезпечується спеціальними з'єднаннями: механічними (анкерні, болтові, пластинчасті) або адгезійними (на основі полімерних смол). Вибір типу з'єднання залежить від умов експлуатації, навантаження та довговічності споруди.

Сучасні наукові розробки у сфері гібридних конструкцій орієнтовані на створення нових матеріалів і технологічних процесів. Нанотехнології, біокомпозити, сенсорні системи моніторингу стану споруд, а також модульне та 3D-будівництво формують основу для розвитку цієї галузі.

1. Azanaw G. M. Timber-Concrete Composite Structures: A Comprehensive Review of Emerging Trends, Advanced Modeling Approaches, and Future Research Frontiers for Sustainable Hybrid Construction (2025) <https://doi.org/10.11648/j.eas.20251003.14>. Dias, A. M. P. G., Jorge, L. F. C., & Lopes, M. (2018). Timber-concrete composite bridges: A state-of-the-art review. *Engineering Structures*, 156, 321-337. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.11.011>. 3. Fragiaco, M., Lukaszewska, E., & Johnsson, H. (2011). Laboratory tests and numerical analyses of prefabricated timber-concrete composite floors. *Journal of Structural Engineering*, 137(1), 101-110. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000080ASCE](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000080ASCE). 4. Smith, T., & Frangi, A. (2021). Modern timber-concrete composite construction: Design and sustainability. *Structures*, 33, 1205-1219. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.05.010>

УДК 624.011.1

Порівняння розрахунків центрально-стиснутих елементів із дерева

Comparison of calculations of centrally compressed wooden elements

Кислюк Д.Я., к.т.н., доцент, Талах Л.О., к.т.н., доцент, Задорожнікова І.В., к.т.н., доцент, Коробко М.В., магістр, Лешук О.М., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Kyslyuk D.Ya., Ph.D., associate professor, Talakh L.O., Ph.D., associate professor, Zadorozhnikova I.V., Ph.D., associate professor Korobko M.V., master, Leshchuk O.M., student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Зроблено порівняння методів розрахунку центрально-стиснутих елементів конструкцій із дерева, які описані в ДБН В.2.6.-161:2017 Дерев'яні конструкції та ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016

The use of composite reinforcement is reviewed and the possibilities of its use in the A comparison was made of the methods for calculating centrally compressed elements of wooden structures, which are described in DBN V.2.6.-161:2017 Wooden structures and DSTU-N B V.2.6-217:2016

Дерев'яні конструкції є одними з найбільш поширених матеріалів і конструкцій у світі. Потреба і попит поширюється не тільки на галузь будівництва, це спричиняє підвищення вартості, як конструкцій так і самого матеріалу. Ця проблема змушує нас до економії ресурсу. Щоб дізнатись мінімальні необхідні розміри елементів, їх розраховують.

Мета роботи – порівняти методи розрахунку центрально-стиснутих елементів конструкцій із дерева, які описані в [1, 2] і дані розрахунку видані програмним комплексом SCAD.

Дерев'яні конструкції розраховуються за двома групами граничних станів. Деревина, маючи волокна, є анізотропним матеріалом, це є важливим, оскільки центрально-стиснуті елементи, в яких напрямок волокон є паралельним до діючих зусиль, розраховують за першою групою граничних станів – на міцність і стійкість. Деревина в ряд своїх переваг таких як міцність, легкість, доступність, ціна, обробка, функціональність застосування, різноманітність порід і що найголовніше відновлюваність ресурсу, має також і мінуси: горючість, гниття, деформації форми і розмірів під впливом умов навколишнього середовища і неоднорідність структури.

Розглядаючи нормативні документи по розрахунках центрально-стиснутих елементів дерев'яних конструкцій такі як ДБН В.2.6.-161:2017

Дерев'яні конструкції, ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016 Настанова з проектування будівельних конструкцій з цільної деревини, ТКП 45-5.05-146:2009, можна зауважити, що в ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016, вибір міцністних характеристик залежить від сортів деревини. В свою чергу сорт приймаються на основі даних про однорідність матеріалу, на яку впливають такі вади: гнилизна, сучки, червоточини, тріщини, нахил волокон. Також можна віднести мягку серцевину і косошарість. При цьому дерева, яку розглядають, є хвойної породи з об'ємною вагою в 500 кг/м^3

На заміну сортам, з ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016, в ДБН В.2.6.-161:2017 були прийняті класи міцності, вони не просто замінили сорти, їх стало більше, наприклад для хвойних і м'яких порід є дванадцять класів які позначаються від С14 - С50, вони стали більш точно описувати характеристики опорів деревини. Для визначення класу міцності потрібно більше даних, наприклад густина і навіть дані випробувань, такі як характеристичне значення міцності на згин, модуля пружності.

На стиск працюють підкоси, стійки і деякі стержні ферм. При стиску деякі вади можуть ослабити поперечний переріз через це може виникати момент який створює повздовжній прогин. Розрахунок на стиск полягає в порівнянні розрахункового напруження яке прикладається до елемента і розрахункового значення міцності. Розрахунок на стійкість проводиться так само, але з урахуванням коефіцієнта. Цей коефіцієнт і відображає врахування вад в розрахунках.

Розрахунок центрально-стиснутих елементів в різних нормативних документах відрізняється лише визначенням коефіцієнта повздовжнього згину.

При розрахунку мінявся коефіцієнт, який включав вплив вад матеріалу і навколишнього середовища. Найпростіший розрахунок виявився за методикою ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016, а складніший за методикою ДБН В.2.6.-161:2017, який є водночас найбільш точним.

1. ДБН В.2.6-161:2017 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. 2. ДСТУ-Н Б В. 2.6-217:2016 Настанова з проектування будівельних конструкцій з цільної і клеєної деревини, Київ, Мінрегіон України 2016.

УДК 351.77

Важливість скорочення транспортного зв'язку та створення комфортного міського простору

The importance of reducing traffic and creating a comfortable urban space

Колпакова Г.О., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смаль О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)

Kolpakova H., student, Smal M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Dzyubynska O.V., Doctor of Economics, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Smal O.V. (Technical Vocational College of National Technical University, Lutsk)

Розглянуто напрямки інтеграції в інженерні системи водопостачання та Досліджено сучасні тенденції урбаністичного розвитку, вплив транспортної інфраструктури на якість міського середовища.

Examines modern trends in urban development, the impact of transport infrastructure on the quality of the urban environment.

Сучасний етап розвитку містобудування в Україні характеризується переосмисленням ролі транспортної інфраструктури у структурі міського простору. Якщо раніше головним пріоритетом було забезпечення максимальної пропускної здатності вулично-дорожньої мережі, то сьогодні акцент зміщується у бік створення зручного, безпечного і комфортного середовища для людей, а не лише для транспорту.

Одним із ключових орієнтирів нового підходу є положення ДБН Б.2.2-12:2019, де визначено, що транспортна система має інтегруватися з іншими компонентами міської структури - житловими, рекреаційними, громадськими та природними територіями. Документ наголошує на необхідності розвитку альтернативних видів пересування: громадського транспорту, велосипедних доріжок, пішохідних зв'язків. Таке планування дозволяє зменшити транспортне навантаження в межах міста, скоротити обсяги транзитного руху та покращити екологічну ситуацію.

Скорочення внутрішнього транспортного зв'язку не означає обмеження мобільності населення, а передбачає оптимізацію транспортних потоків і перерозподіл міського простору на користь людей. Надмірна кількість автомобільних магістралей розриває міську тканину, створює шумові та екологічні бар'єри між житловими кварталами і зонами відпочинку. Відтак,

зменшення ролі автомобіля дозволяє звільнити значні площі, які можна використати для облаштування скверів, бульварів, внутрішньодворових садів, майданчиків для дозвілля, а також безпечних пішохідних маршрутів.

Тенденція до формування «міста коротких відстаней» (concept of “15-minute city”) цілком узгоджується з вимогами сталого розвитку, закладеними у національних будівельних нормах. Вона передбачає, що більшість базових потреб мешканців має задовольнятися у межах пішохідної або велосипедної доступності. Зменшення транспортних витрат позитивно впливає на здоров'я населення, рівень соціальної взаємодії та економічну ефективність міського серцевища.

Не менш важливою складовою є трансформація вулично-дорожньої мережі. Стратегії сучасного урбанізму закликають замінювати частину проїзних частин на пішохідні маршрути, розширювати тротуари, впроваджувати озеленення вздовж вулиць, створювати зони відпочинку біля громадських закладів. Такі зміни дозволяють формувати так звані «спокійні зони» або «shared spaces», де рух транспорту і пересування людей гармонійно співіснують. Це не лише підвищує безпеку, а й сприяє розвитку локальних спільнот, активізації малого бізнесу, покращенню якості громадського простору.

Створення комфортного міського простору є комплексним завданням, яке об'єднує транспортне планування, архітектурно-ландшафтні рішення, екологію та соціальні аспекти. Тільки завдяки гармонійному поєднанню цих чинників можна досягти головної мети - зробити місто зручним, безпечним і дружнім до людей.

Отже, скорочення транспортного зв'язку не є обмеженням розвитку міста, а навпаки - інструментом підвищення його якості, екологічності та соціальної привабливості. Перехід до людиноцентричної моделі міського простору сприяє сталому розвитку, зміцненню локальних спільнот і створенню умов для комфортного, здорового життя населення.

1. ДБН В.2.2-12:2019 "Планування та забудова території". https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022049262482490756/2023-01-23/48e9d4c6-d7fd-470f-b04e-d791c5982967.pdf
2. ДБН В.2.3-5:2018 "Вулиці та дороги населених пунктів". https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022105904184034963/2023-01-23/c569672f-9501-4cca-886b-5278609ca81a.pdf
3. Дзюбинська О.В., Смаль М.В., Сунак П.О. Розвиток міської інфраструктури: стратегічне управління благоустроєм. Просторовий розвиток: науковий збірник – К.: КНУБА, 2025 – Вип. 13. <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2025/SD2513.pdf>
4. Степанюк, В.О., Смаль, М.В., Дзюбинська, О.В., Дзюбинський, А.В., Смаль, О.В. Дослідження дорожньо-транспортної мережі міста Луцька. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Луцьк: ЛНТУ, 2025. Вип. 23. <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/article/view/1871/1693>

УДК 692

Оцінка несучої здатності залізобетонних конструкцій після пошкодження вибуховим літальним об'єктом

Assessment of the load-bearing capacity of reinforced concrete structures after damage by an explosive flying object

А.В. Мазурак, к.т.н., доцент, М.Е. Волинець, Ю.Є. Фамуляк, к.т.н., доцент, О.Т. Гнатюк, к.т.н., доцент (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького)

A.V. Mazurak, Ph.D., Associate Professor, M.E. Volynets, Y.E. Famulyak, Ph.D., Associate Professor, O.T. Hnatyuk, Ph.D., Associate Professor (Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytskyi)

Провівши натурне обстеження пошкоджених ділянок і окремих конструкцій будівлі, використовуючи неруйнівні методи оцінки, встановили технічний стан будівлі та основних несучих конструкцій. Проведений перевірочний розрахунок елементів рами, дав можливість запропонувати подальші вирішення безпечної експлуатації будівлі.

After conducting a field survey of damaged areas and individual structures of the building, using non-destructive assessment methods, the technical condition of the building and the main load-bearing structures was established. A verification calculation of the frame elements was carried out, which made it possible to propose further solutions for the safe operation of the building.

Під час технічного обстеження частини будівлі запроваджена методика натурних обстежень комбінованого каркасу будівлі (колони – залізобетонні заводського виготовлення, ферми – металеві з квадратних труб), яка дала можливість оцінити несучу здатність конструкцій і встановити стан об'єкта [1].

Пошкодження вибуховим літальним об'єктом призвело до руйнації металеві і залізобетонної балки і не вплинуло на інші конструкції та раму загалом. В місці виникнення пожежі зазнали пошкодження залізобетонні колони, які потребували найбільш детального обстеження та аналізу рис.1.

В процесі обстеження виконані наступні роботи: ознайомлення і вивчення технічної документації об'єкту технічного обстеження; під час технічного обстеження згідно з завданням були оглянуті конструкції частини будівлі, де відбувалась пожежа; проведений попередній огляд, під час якого визначено загальний стан конструкцій, з виявленням ділянок та конструкцій з

видимими дефектами; виконане детальне обстеження видимих дефектів, пошкоджень окремих конструкцій, їх деформації, обстежені тріщини в елементах та вузлах, оцінено можливість руйнування; проведена фотофіксація виявлених дефектів і пошкоджень рис.1.

Залізобетонні колони поперечним перетином 500x500 мм, армовані арматурою періодичного профілю (А500С, Ø25 мм). Технічний стан колон будівлі в місці пожежі – непридатний до нормальної експлуатації (категорія технічного стану «3»). Зокрема пошкодження поверхневого шару бетону колон на глибину 20...50 мм. Температура нагрівання залізобетонних конструкцій в місцях максимальних пошкоджень коливалася в межах 700 – 800°С (сколи бетону з оголенням арматури, колір бетону червоний місцями жовтий). Часткове оголення поздовжньої та поперечної арматур, ознак зміни кольору арматурних стрижнів не виявлено [2].



Рис. 1 – Загальний вигляд місця пошкодження при пожежі

Обстеженням встановлено технічний стан несучих та огорожуючих конструкцій частини каркасу будівлі де відбувалась пожежа та розроблено рекомендації для подальшої безпечної експлуатації будівлі. За результатами обстеження і перевірного розрахунку в програмному комплексі SCAD Office, рекомендовано відновити переріз колон ремонтними сумішами.

1. ДБН В.1.2-14:2018 ІЗ ЗМІНОЮ № 1 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. Київ Міністерство розвитку громад та територій України 2022. 35с. 2. ДСТУ 9273:2024 «Настанова щодо обстеження будівель та споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Механічний опір та стійкість». Київ . ДП «УкрНДНЦ», 2024. 74с.

УДК 620.1

Цифровий аналіз мікроструктури пінистих матеріалів

Digital analysis of foam material microstructure

О. А. Мікуліч, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Д. Т. Коменда, аспірант (Луцький національний технічний університет)

O. A. Mikulich, D.Sc in Engineering, Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), D. T. Komenda, Postgraduate Student (Lutsk National Technical University)

У роботі представлено програмний засіб для аналізу кольорової структури пінистих матеріалів, реалізований у середовищі WPF NET. Програма дозволяє користувачу завантажити зображення, вибрати піпеткою колір та автоматично визначити відсотковий вміст цього кольору у бітмапі.

The paper presents a software tool for color structure analysis of foam materials, implemented in the WPF NET environment. The program allows the user to upload an image, select a color with a pipette tool, and automatically determine the percentage of that color within the bitmap.

Цей підхід забезпечує кількісну оцінку співвідношення фаз у структурі матеріалу, що може використовуватися для виявлення неоднорідностей та оцінки рівномірності розподілу компонентів. Алгоритм роботи базується на поелементному аналізі пікселів: кожен піксель порівнюється з обраним кольором у межах допустимого діапазону відхилень, після чого обчислюється відсоток збігів відносно загальної кількості пікселів. Отримані результати можуть бути використані для дослідження впливу технологічних параметрів на структуру піни, оцінки ступеня запіннення та контролю якості готових виробів.

Для підвищення точності аналізу передбачено можливість попередньої фільтрації зображення - застосування згладжувальних та сегментаційних алгоритмів, які дозволяють зменшити шум, викликаний освітленням або нерівномірністю кольорового балансу. Також реалізовано можливість автоматичного визначення меж пористих областей за допомогою методу порогової бінаризації та подальшого підрахунку кількості пор, їх середнього розміру та площі розподілу.

Додатковим етапом є кластерний аналіз кольорових компонентів, який дозволяє відокремити фази матеріалу без ручного вибору кольору. Для цього можуть використовуватись алгоритми типу k-means або Mean Shift, що

забезпечують більш об'єктивне групування даних. Такий підхід відкриває можливість для створення автоматизованої системи контролю мікроструктури зразків у режимі реального часу.

Одним із ключових аспектів цифрового аналізу є правильний вибір параметрів попередньої обробки зображень, оскільки навіть незначні зміни освітлення або контрасту можуть істотно впливати на результати сегментації. Для цього у програмі реалізовано можливість регулювання яскравості, контрастності та рівнів насиченості перед основним аналізом. Застосування алгоритмів нормалізації кольорової гами дозволяє зменшити вплив зовнішніх факторів і забезпечити стабільність вимірювань при дослідженні різних зразків. Крім аналізу кольорових компонентів, важливим напрямом є вивчення морфологічних характеристик структури - таких як форма, розмір і розподіл пор. Використання методів морфологічної фільтрації (dilation, erosion, opening, closing) дає змогу виокремити контури пор і визначити геометричні параметри, що характеризують ступінь однорідності та щільності пінистої структури. Ці показники можуть бути критично важливими при оцінці експлуатаційних властивостей матеріалів - теплоізоляційних, звукопоглинальних або механічних.

Подальший розвиток цифрових методів аналізу передбачає інтеграцію засобів машинного навчання для автоматичної ідентифікації типових дефектів, таких як замкнуті пори, мікротріщини або неоднорідні ділянки. Використання згорткових нейронних мереж (CNN) дозволить створювати моделі, здатні самостійно розпізнавати характерні ознаки структури на основі навчальних вибірок. Такий підхід відкриває нові можливості для побудови інтелектуальних систем контролю якості, що можуть працювати у виробничих умовах без участі оператора.

Практичне застосування розробленого програмного забезпечення передбачає використання в лабораторних дослідженнях для аналізу мікроструктури пінополімерів, металевих або керамічних пін, а також у виробничих умовах - для контролю однорідності структури матеріалів при різних технологічних режимах. Отримані цифрові параметри можуть бути інтегровані у системи статистичного аналізу, що дозволяє корелювати морфологічні характеристики із фізико-механічними властивостями матеріалу.

У перспективі планується розширення функціональності програмного комплексу за рахунок інтеграції нейронних мереж для автоматичної класифікації структурних дефектів, а також створення бази даних зразків для побудови еталонних моделей структури пінистих матеріалів.

1. Гонсалес, Р. К., Вудс, Р. Е. (2018). Цифрова обробка зображень (4-те видання). Pearson Education. 2. Соколов, А., та Батюк, А. (2022). Характеристика пористих та пінопластових структур на основі цифрових зображень.

УДК 539.3

Експериментальна оцінка міцності паяних з'єднань полімерних матеріалів

Experimental evaluation of the strength of soldered joints of polymeric materials

С.Б. Мікуліч, аспірант (Луцький національний технічний університет), М.В. Делявський, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет), А.О. Сяський, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет)

S.B. Mikulich, PhD student (Lutsk National Technical University), M.V. Delavskii, ScD, Professor, (Lutsk National Technical University), A.O. Siaskiy, ScD, Professor (Lutsk National Technical University)

Проведено дослідження щодо оцінки міцності паяних з'єднань у полімерних, зокрема, пластикових елементах. Такі види з'єднань можна використовувати для відновлення та ремонту відповідних елементів, а також вони виступають основним способом фіксації тіл, зокрема, труб, виготовлених з полімерних матеріалів. Шляхом експериментальних досліджень вивчено механічні характеристики відповідних матеріалів, що утворюють під час пайки. Вивчено зміну механічних та фізичних характеристик полімерних матеріалів при термічних впливах.

A study to assess the strength of soldered joints in polymeric, in particular, plastic elements was conducted. Such types of joints can be used for restoration and repair of the corresponding elements, and they also serve as the main method of fixing bodies, in particular, pipes made of polymeric materials. Through experimental studies, the mechanical characteristics of the corresponding materials formed during soldering were studied. The change in the mechanical and physical characteristics of polymeric materials under thermal influences was studied.

Використання паяних з'єднань особливо актуальне у багатьох інженерних конструкціях, виготовлених з неметалевих, наприклад, пластикових, поліпропіленових та ін. матеріалів. Такі способи з'єднання використовуються, в основному, для фіксації відповідних елементів. Під час експлуатації у процесі навантажування таких конструктивних елементів розподіл навантаження може спричинити концентрацію напружень та призвести до виникнення руйнувань у відповідних елементах.

Концентрація напружень, що виникає у ділянці пайки, істотно впливає на оцінку надійності та термінів експлуатації відповідних деталей, особливо за динамічного чи вібраційного навантаження. Тому актуальними є дослідження

щодо вивчення розподілу напружень в околі таких концентраторів, особливо за дії нестационарних навантажень.

У літературі великий клас досліджень пов'язаний з експериментальними випробуваннями таких способів з'єднань та побудові прогнозних моделей міцності на основі отриманих результатів [1].

Метою ж даного дослідження було проведення серії експериментальних випробувань для вивчення зміни механічних характеристик полімерних матеріалів під час пайки за дії термічних впливів. Отримані дані будуть використані для моделювання динамічного напруженого стану відповідних елементів конструкцій за дії різних типів силових навантажень.

У процесі досліджень було виготовлено чотири групи зразків. Перша група, що була контрольною, не піддавалася термічному впливу. Решту три групи зразків піддавалися термічному впливу при температурі 250, 260 та 270 градусів Цельсія відповідно. Усі групи зразків піддавалися статичним випробуванням на дослідній машині МІ-40 КУ з метою визначення механічних та міцнісних характеристик.

На основі результатів експериментальних випробувань було визначено величини модуля пружності першого року (модуля Юнга) та межі міцності для усіх груп дослідних зразків. Також проведено ймовірнісна оцінка достовірності отриманих експериментальних результатів.

Отримані експериментальні результати у подальшому будуть використані для математичного моделювання розподілу напружень у пластинчастих елементах з включеннями, що буде проведений на основі розробленого аналітично-числового підходу [2]. Крім того, у рамках оцінки точності та достовірності розробленого підходу заплановано порівняння отриманих результатів з результатами, отриманими на основі методик, запропонованих іншими авторами [3].

1. Salam, Budiman, Ekere, N.N., Jung, Jae Pil (2002) A Study on the Comparison of Solderability Assessment. *Journal of the Korean institute of surface engineering*, 35 (2), 129-137.
2. Шваб'юк В.І., Фурс Т.В., Коменда Н.В., Мікуліч С.Б. (2023) Інтегральні рівняння задачі дифракції хвиль у пружних середовищах з включеннями за дії нестационарних навантажень. *Наукові нотатки*, 75, Луцьк, 2023, С. 95-99. https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/issue/view/134/130
3. Nazarenko O., Usov A., Volkova M., Kozin O. Mathematical Modeling of the Stress-Strain State of a Plate with Rigid Linear Inclusion and Mixed Boundary Conditions. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, 1/2023 (138), PP. 22-28. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.1.2>

УДК 692.52

Числове моделювання напружено-деформованого стану багатопустотної плити зі швидкотверднучого високоміцного бетону

Numerical modeling of the stress-strain state of a hollow-core slab made of rapid-hardening high-strength concrete

Ю. В. Олевич, к.т.н., доцент, А. В. Андрусяк, к.т.н., доцент, О. В. Козак, к.т.н., доцент (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ)

Y. V. Olevych, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, A. V. Andrusiak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, O.V. Kozak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk)

Побудовано об'ємну скінченно-елементну модель залізобетонної багатопустотної плити з урахуванням геометрії порожнин, попереднього напруження арматури та нелінійності матеріалів. Визначено граничне корисне навантаження, проаналізовано розподіл напружень у плиті, а в місцях анкерування арматури виявлено концентрацію напружень.

A three-dimensional finite element model of a reinforced concrete hollow-core slab was constructed, taking into account the geometry of the voids, prestressing of the reinforcement, and material nonlinearity. The ultimate load was determined, the stress distribution in the slab was analyzed, and stress concentrations were identified in the reinforcement anchorage zones.

Сучасне будівництво використовує широкий спектр бетонів, серед яких особливе місце займають швидкотверднучі високоміцні бетони, які завдяки своїм механічним характеристикам, швидкому набору міцності та підвищеній довговічності можна застосовувати для виробництва масових залізобетонних конструкцій різного призначення, зокрема багатопустотних плит перекриття.

Згідно [1] багатопустотна плита – залізобетонна конструкція, що представляє собою плоский елемент постійної товщини з поздовжніми пустотами, армований попередньо напруженою або звичайною арматурою і призначена для несучих частин перекриттів будівель і споруд різного призначення. Враховуючи широке використання даних конструкцій у багатоповерхових будівлях, виникає потреба точного аналізу їхньої поведінки під навантаженням, особливо з урахуванням складної геометрії порожнин і впливу попередньої напруженої арматури.

Для оцінки напружено-деформованого стану залізобетонної багатопустотної плити побудовано об'ємну скінченно-елементну модель в

програмному комплексі ЛІРА-САІР. На відміну від традиційних підходів, заснованих на застосуванні пластинчастих скінченних елементів, побудована модель враховує реальну геометрію порожнин і дозволяє більш точно описати локальний розподіл напружень у бетонному тілі конструкції. З огляду на складну топологію плити, сітку скінченних елементів формували за допомогою комбінованого підходу. При триангуляції моделі одночасно використовували шестивузлові та восьмивузлові об'ємні скінченні елементи, що дозволило зберігати баланс між точністю опису і обчислювальною ефективністю. При цьому було застосовано фізично нелінійні універсальні просторові скінченні елементи, а деформаційні властивості бетону описано експоненціальним законом деформування. Попередньо напружена робоча арматура моделювалась універсальними просторовими стержневими скінченними елементами, а її механічні властивості описувались діаграмою Прандтля.

За результатами розрахунку визначено характер розподілу внутрішніх зусиль, прогинів та напружень, зокрема в області дії максимального згинального моменту та в зонах анкерування арматури. Отримані результати аналізу показали, що при рівномірно розподіленому навантаженні 16.42 кН/м^2 (загальна величина корисного навантаження 118.2 кН) прогин плити досягає граничного значення, що відповідає граничному стану за жорсткістю, задовольняючи при цьому умови міцності. Оцінку міцності виконано за критерієм Кулона-Мора, що дозволило врахувати складний напружений стан, а також характерну для бетонів нерівність меж міцності при розтягу та стиску. Визначено, що еквівалентні напруження Мора досягають значення 4.93 МПа . У зонах анкерування арматури виявлено концентрацію напружень, де максимальні стискаючі напруження досягають 18.9 МПа .

Загалом проведене числове моделювання підтверджує ефективність об'ємного підходу для аналізу залізобетонних конструкцій складної геометрії [2].

1. ДСТУ Б В.2-6-53:2008. Конструкції будинків і споруд. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови. Чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 36 с. 2. Олевич, Ю. В., Величкович, А. С., Андрусак, А. В., Палійчук, І. І. (2025). Числовий аналіз міцності та жорсткості багатопустотної плити зі швидкотверднучого високоміцного бетону. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, (23), 182-195. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-17](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-17).

УДК 624, 627

Застосування геосинтетичних матеріалів для берегоукріплюючих споруд

Application of geosynthetic materials for shoreline protection structures

А.М. Онищенко, д.т.н., професор, (Національний транспортний університет), С.М. Ворошнов, к.т.н., доцент, (Національний транспортний університет), Н.П. Чиженко, к.т.н., доцент, (Національний транспортний університет)

A.M. Onyshchenko, D.Sc. in Engineering, Professor., (National Transportation University), S.M. Voroshnov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (National Transportation University), N.P. Chyzenko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (National Transportation University)

Наведено застосування геосинтетичних матеріалів для берегоукріплюючих споруд враховуючи умови експлуатації споруди та особливості матеріалу.

The application of geosynthetic materials for shoreline protection structures is presented, taking into account the operating conditions of the structure and the characteristics of the material.

Берегоукріплювальні споруди з використанням геосинтетичних матеріалів – це сучасні інженерні рішення для захисту берегів від руйнування хвилями та течіями, які включають використання геотекстилю, габіонів, георешіток, геокомпозитів та інших синтетичних матеріалів для армування, армування та дренажу. Такі споруди ефективні, довговічні та екологічніші за традиційні методи, а геосинтетики забезпечують необхідну міцність, гнучкість та стабільність укріплення [1-6].

Геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції: армування; дренавання; захищення; ізолювання; протиерозійний захист; розділення; фільтрування.

Термін служби геосинтетичних матеріалів повинен перевищувати термін служби конструкцій, в яких вони застосовуються.

Схеми закладання геосинтетичних матеріалів для протиерозійного захисту розрізняють для систем постійної дії з жорстким кріпленням і з використанням об'ємних геоматів, геосот тощо згідно [1]. Конструктивні рішення, які застосовують для протиерозійного захисту постійної дії з жорстким укріпленням, поділяють на :

- захист укосів потоконаправляючих дамб;
- захист укосів від дії набігаючих хвиль;
- захист канав поверхневого водовідводу;
- захист основ фундаментів від розмивання;

При поєднанні геосинтетика з зернистим чи монолітним шаром утворюється новий композитний матеріал, який поєднує в собі характеристики вихідних матеріалів.

Протиерозійний захист постійної дії з використанням об'ємних геоматів, геосот застосовують у водовідвідних канавах, на крутонахилених водовипусках і при захисті укосів насипів (виїмок) від ерозії інтенсивними атмосферними опадами. Тримірні протиерозійні геомати є ефективними для захисту в умовах нетривалих до 2 годин злив, і швидкості потоку води до (5 — 6) м/с. В умовах довготривалого потоку більш ефективними є жорстко армуючі протиерозійні системи. При перевищенні кругизни укосів насипів або виїмок більше за нормативну, необхідно передбачати заходи укріплення укосів з використанням протиерозійних геоматів або сіток. Необхідність застосування протиерозійного захисту оцінюють по швидкості потоку і гранулометричному складу ґрунту основи згідно [1]. Конструктивні рішення з вкладання полотен геомата на укосі приймають згідно з рис.1. Використання геоматів можливе в сухих і обводнених умовах. В останньому випадку велике значення має динамічна дія течії чи набігаючих хвиль. При вкладанні полотен перевагу віддають їх вертикальній орієнтації згідно [1].

Геосинтетичні матеріали, залежно від свого різновиду та конструкції, у якій вони використовуються, можуть виконувати різні функції та їх комбінації.

Основні функції геосинтетичних матеріалів[2]:

- розділення;
- ізоляція;
- захист;
- контроль ерозії;
- фільтрація.

Використання геотекстилю зберігає і покращує однорідність і функціональність різних матеріалів. При цьому можливі два механізми: коли фракційний матеріал вкладається поверх слабкої ґрунтової основи і коли на фракційний матеріал прикладається вертикальне навантаження.

Геотекстиль запобігає проникненню фракції в ґрунт слабкої основи. Геотекстиль обмежує шар фракційного матеріалу, і завдяки цьому можливо досягти вищого ступеню ущільнення шару і, як наслідок, вищої несучої здатності.

Вдається уникнути забруднення фракційного матеріалу підстилаючими ґрунтами і в такий спосіб можливо попередити зниження несучої здатності.

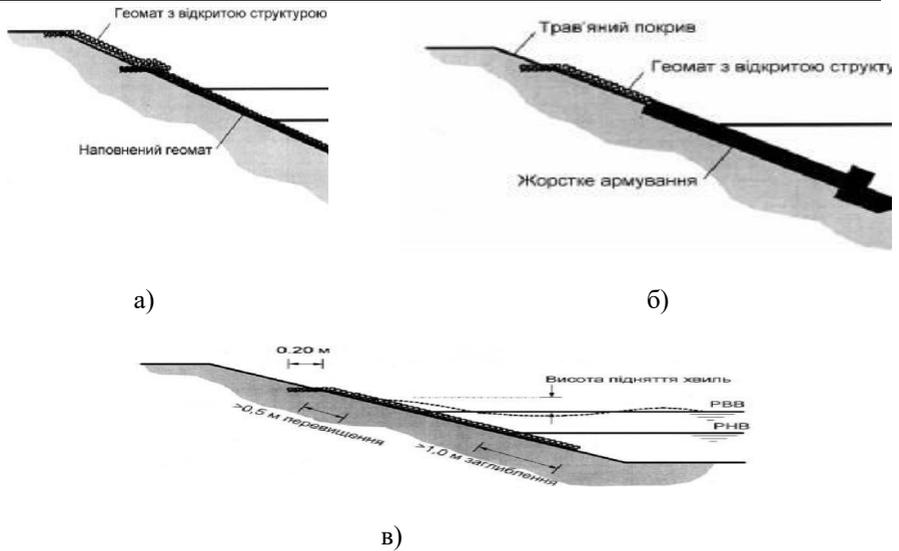


Рис. 1. Схеми укладання полотен геомата на підтоплюваному укосі

Проникнення тонкозернистих ґрунтових частинок у чистий крупнофракційний шар особливо проявляється під динамічним навантаженням і має назву «ефект закачування». Такі тонкозернисті фракції проявляють себе як шар змащування між крупними фракціями й можуть суттєво знизити зчеплення, і, як наслідок, знижується міцність при зсуві матеріалу крупнозернистого шару. Крім того, незабруднений матеріал краще виконує дренажні функції та краще протистоїть ефекту морозного спучування.

1.ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги 2. ДСТУ EN 13251:2017 (EN 13251:2016, IDT) Геотекстиль та вироби, що належать до геотекстилю. Характеристики, потрібні для використання під час виконання земляних робіт, будівництва фундаментів та підпирних конструкцій. 3. Греблі з ґрунтових матеріалів. Загальні вимоги. ДСТУ XXXX:202X. [Чинні від 202X-0X-0X]. - К.: Мінінфраструктури України, 202X. XX с. (Національний стандарт України). 4. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. ДБН В.1.1-45:2017. [Чинні від 2017-11-01]. - К.: Мінрегіон, 2017. - 43 с. (Державні будівельні норми України). 5.Настанова щодо проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах. ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016. [Чинні від 2017-04-01]. К.: Мінрегіон, 2016. - 66 с. (Національний стандарт України). 6.Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016. [Чинні від 2017-04-01]. - К.: Мінрегіон, 2016. - 89 с. (Національний стандарт України).

УДК 624.012.044

Результати експериментальних досліджень згинальних залізобетонних елементів зі змішаним армуванням за короточасного навантаження

Results of experimental studies of flexural reinforced concrete elements with mixed reinforcement under short-term loading

Панчук Ю.М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне)

Panchuk Y.M, candidate of technical sciences, associate professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Наведені результати експериментальних досліджень згинальних залізобетонних балок зі змішаним армуванням при короточасному навантаженні. Досліджений напружено-деформований стан та виявлені особливості роботи балок.

The results of experimental studies of flexural reinforced concrete beams with mixed reinforcement under short-term loading are presented. The stress-strain state is investigated and the features of the beams' operation are identified.

Для вивчення реальної роботи залізобетонних елементів зі змішаним армуванням було виготовлено і випробувано 2 зразки балок у віці 246...250 діб, розміром 10x10x200 см. Випробування виконували за схемою однопрольотної шарнірно опертої балки, завантаженої в третинах прольоту двома рівними зосередженими силами. Зразки балок були армовані попередньо напружуваною арматурою діаметром 12 класу А-IIIв та ненапружуваною арматурою діаметром 12 класу А-III, розміщеною в середині прольоту і обірваною відповідно до епюри матеріалів. Основні міцнісні та деформативні характеристики бетону дослідних балок наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Міцнісні та деформативні характеристики бетону балок

R_b , МПа	$E_{b0} = E'_b (\eta=0)$ 10^{-4} , МПа	$E_b = E'_b (\eta=0,3)$ 10^{-4} , МПа	λ_R	R_{bt} , МПа
32,14	2,833	2,533	0,3530	2,42

Фактичний діаметр робочої арматури: напружуваної – 11,2 мм, ненапружуваної – 9,2 мм, площа поперечного перерізу – $A_{sp} = 1,107 \text{ см}^2$, $A_s = 0,775 \text{ см}^2$, модуль пружності $E_{sp} = 19,98 \times 10^4 \text{ МПа}$, $E_s = 20,10 \times 10^4 \text{ МПа}$; межа

текучості $\sigma_{0,2}=850,73$ МПа, $\sigma_y=556,95$ МПа; тимчасовий опір розриву $\sigma_{спр} = 895,0$ МПа, $\sigma_u = 708,85$ МПа.

Натягування арматури проводили до напружень 753,25 МПа. Після проявлення втрат від релаксації, обтиску різьби анкера, упорів та шайб, значення напруження в арматурі склало 642, 43 МПа [2].

Дослідження напружено-деформованого стану балок виявили наступні особливості їх роботи:

- до моменту виникнення тріщин в бетоні ($\eta \leq 0,5$) спостерігався незначний розвиток деформацій бетону і розтягнутої арматури. Бетон стиснутої та розтягнутої зони, а також робоча арматура деформувались сумісно;

- виникнення нормальних тріщин при $\eta > 0,5$ перерозподілило зусилля з бетону розтягнутої зони, яку перетнули тріщини, на робочу арматуру, що привело до швидкого зростання деформацій і прогину балок, а також до зменшення стиснутої зони бетону;

- в діапазоні напружень $0,5 \leq \eta \leq 0,7$ спостерігалось уповільнене зростання деформацій бетону, а також зниження його висоти стиснутої зони;

- при рівні напруження $\eta > 0,7$ відбувався прискорений розвиток деформацій бетону, розтягнутої арматури і прогинів, проходило різке зменшення висоти стиснутої зони бетону, що свідчить про настання процесу руйнування і текучості арматури. Руйнування мало повільний характер.

- проковзування напружуваної арматури в бетоні не виявлено[3].

1. Панчук Ю.М. Деформативність згинальних залізобетонних елементів при короткочасних малоциклових навантаженнях високих рівнів // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Тез. доп. міжнародн. наук. конф. –Рівне, 1996. –С. 105. 2. Панчук Ю.М., Методика досліджень залізобетонних балок зі змішаним армуванням на вплив малоциклових навантажень високих рівнів // Тези доп. наук. – техн. конф. –Рівне 1996 –С.7. 3. Бабич Є.М., Панчук Ю.М. Дослідження роботи балок зі змішаним армуванням при дії малоциклових навантажень високих рівнів // Тези доп. науков. конф. –Полтава,1997.С.30-32.

УДК 691.32:620.17:004.85

Порівняльний аналіз моделей машинного навчання для прогнозування міцності бетону

Comparative Analysis of Machine Learning Models for Predicting Concrete Compressive Strength

**Н.Р. Печончик (Луцький національний технічний університет),
О.С. Приходько, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет).**

**N.R. Pechonchyk (Lutsk national technical university), O.S. Prykhodko,
Ph.D. Associate Professor (Lutsk national technical university)**

У роботі досліджено ефективність застосування моделей машинного навчання різної складності для прогнозування міцності бетону на стиск на основі його компонентного складу. Встановлено, що ансамблеві моделі демонструють найкращий баланс точності та інтерпретованості. На основі регресійного аналізу було виведено емпіричну формулу для експрес-оцінки міцності.

This paper investigates the effectiveness of applying machine learning models of varying complexity to predict the compressive strength of concrete based on its component composition. It was found that ensemble models demonstrate the best balance between accuracy and interpretability. Based on regression analysis, an empirical formula was derived for rapid strength estimation.

Задача прогнозування міцності бетону за його складом є класичною еталонною проблемою, яку широко використовують для тестування регресійних алгоритмів. У працях [1–4] цей приклад застосовують для демонстрації просунутих методів, спрямованих не лише на точність прогнозу, а й на підвищення надійності та інтерпретованості моделей. Так, у [1] запропоновано об'єднання інтервальних прогнозів, що дозволяє оцінювати довірчі інтервали значень. У [2] представлено архітектуру SelectiveNet, яка може відмовлятися від прогнозу за низької впевненості моделі – важлива властивість для інженерних застосувань. У [3] показано, як ансамблеві методи (зокрема бустинг на деревах рішень) інтегруються в задачі нелінійної оптимізації, а в [4] досліджуються методи автоматичного пошуку математичних виразів, що описують дані. Таким чином, попри вирішеність базової задачі прогнозування міцності, актуальними

залишаються напрями підвищення надійності, інтерпретованості та практичної інтеграції моделей.

У дослідженні використано відкритий набір даних Concrete Compressive Strength з репозиторію UCI [5], який містить 1030 записів із вісьмома параметрами складу бетонної суміші та віком як вхідними ознаками, і міцністю на стиск (МПа) як цільовою змінною. Основною метрикою оцінки точності обрано MAE (абсолютна похибка). Для аналізу застосовано три групи моделей: лінійна та поліноміальна регресія, нейронні мережі з 2–7 прихованими шарами; модель машинного навчання RandomForest. Проведений порівняльний аналіз показав суттєву різницю в ефективності досліджуваних моделей.

Узагальнені результати точності всіх розглянутих моделей наведено у порівняльній таблиці 1.

Таблиця 1. Результати порівняльного аналізу

Модель машинного навчання	MAE, МПа
Лінійна регресія	7,46
Поліноміальна регресія	5,97
Нейронна мережа 2 шари по 128 нейронів	4,3
Нейронна мережа 7 шарів по 256 нейронів	3,3
RandomForest	3,73

Як і очікувалось, проста лінійна регресія продемонструвала найнижчу точність (MAE = 7.46 МПа), підтверджуючи нелінійний характер залежності міцності від складу. Врахування квадратичних залежностей у поліноміальній регресії дозволило покращити результат (MAE = 5.97 МПа).

Нейронні мережі показали високу прогнозну здатність, причому точність зростала зі збільшенням глибини архітектури: від MAE \approx 4.3 МПа для двох шарів до пікового значення MAE \approx 3.3 МПа для семишарової мережі. Однак було відзначено, що результати нейромережевих моделей є нестабільними та залежать від випадкової ініціалізації ваг, а самі моделі виступають своєрідними «чорними скриньками», що ускладнює їх інтерпретацію.

На противагу цьому, на основі датасету [5] було побудовано емпіричну степеневу формулу для визначення міцності на стиск σ_M :

$$\sigma_M = 257,2635(1 + w^{-0.9702})(1 + c^{0.774})(1 + a^{0.3109})(1 + bf^{0.0659}) \times (1 + f^{0.0217})(1 + sp^{0.0715})(1 + fa^{-0.3776})(1 + ca^{-0.0272}).$$

Тут a – час тверднення бетону, днів; w , c , bf , f , sp , fa , sa – маса компонентів бетонної суміші в 1 м³ бетону, кг: води, цементу, гранульованого доменного шлаку, золи-виносу, суперпластифікатора, дрібного та крупного заповнювача відповідно.

Виведена емпірична формула показала очікувано нижчу точність (MAE \approx 6 МПа), однак її головною перевагою є повна прозорість та можливість використання для швидких інженерних розрахунків без залучення складних обчислювальних ресурсів.

Найкращий баланс між точністю, стабільністю та швидкістю навчання продемонструвала модель RandomForest, яка на тестовій вибірці досягла MAE = 3.73 МПа. Цей результат є співмірним з найкращими показниками глибоких нейронних мереж, але досягається стабільно при кожному запуску.

Ключовим результатом, отриманим з моделі RandomForest, є аналіз важливості ознак. Встановлено, що домінуючий вплив на кінцеву міцність бетону мають вік (33.3%) та кількість цементу (32.6%). На третьому місці зі значним відривом знаходиться кількість води (12.5%). Решта компонентів сумарно вносять менше 22% у прогноз. Ці дані повністю узгоджуються з фундаментальними положеннями будівельного матеріалознавства, що додатково підтверджує адекватність побудованої моделі.

1. Spjuth O., Carrión Brännström R., Carlsson L., Gauraha N. *Combining Prediction Intervals on Multi-Source Non-Disclosed Regression Datasets*. In: *Conformal and Probabilistic Prediction and Applications (COPA 2019)*. PMLR, Vol. 105, pp. 164–177. URL: <https://proceedings.mlr.press/v105/spjuth19a.html> (date of access: 10.11.2025). 2. Geifman Y., El-Yaniv R. *SelectiveNet: A Deep Neural Network with an Integrated Reject Option*. In: *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML 2019)*. PMLR, Vol. 97, pp. 2151–2160. URL: <https://proceedings.mlr.press/v97/geifman19a.html> (date of access: 10.11.2025). 3. Mistry M., Letsios D., Krennrich G., Lee R.M., Misener R. *Mixed-Integer Convex Nonlinear Optimization with Gradient-Boosted Trees Embedded*. *INFORMS Journal on Computing*. 2021. Vol. 33(3), pp. 1103–1119. DOI:10.48550/arXiv.1803.00952 4. Žegklitz J., Posík P. *Learning Linear Feature Space Transformations in Symbolic Regression*. *arXiv preprint arXiv:1704.05134*, 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1704.05134> (date of access: 10.11.2025). 5. Yeh I.-C. *Concrete Compressive Strength [Dataset]*. *UCI Machine Learning Repository*, 1998. DOI: 10.24432/C5PK67.

УДК 711

Переміщення маломобільних верств населення на пішохідних зонах вулично-дорожньої мережі міст

Movements mobility-impaired population groups in pedestrian zones of the street-road network citi

Приймаченко О.В., завідувач кафедри, Чередніченко О.П., аспірантка *Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ)

Priymachenko A.V., Head of the Department, Cherednichenko O.P., graduate Student (Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv)

Представлено результати дослідження основних елементів безбар'єрного простору і проаналізовано відповідність фактичного стану нормативним вимогам засобів забезпечення безпечної, комфортної, доступної та інформативної пішохідної зони вулично-дорожньої мережі.

The results of the study of the main elements of unobstructed space are presented and the compliance of the actual state with the regulatory requirements of measures to ensure a safe, comfortable, accessible and informative pedestrian zone of the road network is analyzed.

Мета дослідження вивчити об'єкти вулично-дорожньої мережі населеного пункту на прикладі вулиць м. Києва на предмет доступності та зручності пересування для мало мобільних груп населення. Ключовими елементами вулично-дорожньої мережі, які повинні бути забезпечені даними засобами є: транзитні пішохідні тротуари; перехрестя вулиць і доріг; спеціальні майданчики для посадки та висадки пасажирів; підземні переходи.

На основі наведених вище класифікацій та даних було проведено обстеження ділянки проспекту Перемоги та площі Космонавтів у м. Києві. У результаті дослідження було виявлено наступні дефекти: відсутність пандусів; відсутність перильного огородження; відсутність так званих бордюрних пандусів при перетині пішохідного шляху з проїзною частиною вулиць; дорожній одяг не задовольняє нормативним вимогам; відсутність тактильної плитки зупиняючої дії інерції руху; невідповідність влаштованих засобів організації безбар'єрного простору вулично-дорожньої мережі нормативним.

В наслідок викладеного можна констатувати, що в навчальній та довідковій літературі не достатньо приділено уваги проблемам мало мобільних груп населення, а в нормативній літературі практично відсутні вимоги щодо

забезпечення зручності та безпеки руху цих груп, а також необхідного облаштування можливих конфліктних місць.

Порівнявши буднорми України та Європейського Союзу наведено детальну порівняльну характеристику нормативних вимог до проектування вулично-дорожньої мережі та її благоустрою з урахування потреб мало мобільних груп населення можна констатувати, що в Україні вимоги суттєво відрізняються від норм Європейського союзу. У більшості країн Європи ще з 80років ХХ ст. почали приділяти значну увагу питанню спланованого розвитку міської мобільності. Наприклад, у Франції з 1982 р. діє закон про обов'язковість міських транспортних планів для міст із населенням понад 100 тис. осіб. В даний час в містах України розробляють та затверджують плани сталої міської мобільності. Тому для регулювання міської мобільності рекомендується такий інструмент як План сталої міської мобільності, який повинен враховувати багато факторів та його особливостей, яким слід приділяти увагу в процесі створення ПСММ.

План сталої міської мобільності базується на ретельній оцінці поточної та майбутньої ефективності міської транспортної системи у функціональній міській зоні. Він забезпечує комплексний огляд поточної ситуації та встановлення базової лінії, за якою можна виміряти прогрес. Аналізуючи поточний стан, необхідно дослідити наявні можливості, ресурси та інституційні структури для планування та впровадження. Варто визначити відповідні індикатори для опису поточного стану міської транспортної системи. ПСММ визначає конкретні цілі ефективності, які є реалістичними з огляду на поточну ситуацію в міській території, як це встановлено аналізом стану, і амбітні щодо цілей плану. Також встановлені цілі є вимірювані і базуються на реалістичній оцінці базової лінії та наявних ресурсів. Конкретні показники використовуються для вимірювання прогресу в досягненні цілей.

Для оцінки наслідків пропозицій необхідно спочатку визначити які саме сфери потребують вдосконалення. Також цілі мають ґрунтуватись на кількісних і якісних вимірюваних показниках, що точно визначатиме прогнозований отриманий ефект у встановлені терміни. Кожен муніципалітет повинен визначити свій набір індикаторів, який йому потрібен для оцінки впливу пропозицій ПСММ в його списку цілей. Також потрібно встановити початкові значення і який рівень розвитку міської системи до впровадження плану. Ці значення необхідні для надійного визначення змін. Інші впливи, такі як на міський розвиток та імідж міста, також рекомендується враховувати.

1. Ващинська О.А., Забезпечення доступного середовища для мало мобільних груп населення у м. Одеса. / А.В. Даниленко, О.А. Ващинська. // Містобудування та територіальне планування, вип. 63. К.: КНУБА, 2017. С. 88–94. 2. Івасенко В.В. Дослідження планувальних параметрів пішохідного руху з урахуванням потреб маломобільних груп населення / В.В. Івасенко, Т.П. Литвиненко, О.В. Нижник // Містобудування та територіальне планування, вип. 65. К.: КНУБА, 2017. С. 203–211.

УДК 691.32:620.17:004.85

Ітераційна оптимізація складу бетону із заданою швидкістю тверднення за допомогою машинного навчання

Iterative Machine Learning Optimization of Concrete Mix Composition for Controlled Hardening Rate

**В.О. Приходько (Луцький національний технічний університет),
О.С. Приходько, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет).**

**V.O. Prykhodko, (Lutsk National Technical University), O.S. Prykhodko,
Ph.D. Associate Professor, (Lutsk National Technical University)**

У роботі запропоновано та апробовано метод для вирішення задачі технологічної оптимізації – підбору складу бетонної суміші із заданою швидкістю набору міцності.

This paper proposes and validates a method for solving the technological optimization problem of designing concrete mix compositions with a specified strength gain rate. The model successfully identified a mix composition capable of reaching this strength within three days.

Темпи сучасного монолітного будівництва напряму залежать від швидкості набору бетоном критичної міцності, яка дозволяє проводити розпалубку конструкцій. Скорочення термінів тверднення навіть на кілька діб призводить до колосального економічного ефекту. Проектування складів бетону з високою ранньою міцністю є складною багатofакторною задачею, що потребує врахування нелінійних взаємозв'язків між десятками параметрів. Сучасні дослідження у галузі проектування бетонних сумішей демонструють стрімке зростання застосування методів машинного навчання для прогнозування міцності та оптимізації складу. Зокрема, у роботі Qi та ін. [1] показано ефективність різних алгоритмів машинного навчання (зокрема регресійних дерев, нейронних мереж і методів опорних векторів) для прогнозування міцності бетону з урахуванням вмісту шлаку, золи та суперпластифікатора. Автори Sun та ін. [2] реалізували комплексну систему на основі глибокого навчання, яка дозволяє не лише передбачати властивості, але й оптимізувати склад ультрависокоміцного бетону за декількома критеріями одночасно. У роботі Beskopylny та ін. [3] проведено порівняння різних алгоритмів – CatBoost, k-Nearest Neighbors та Support Vector Regression – і показано, що градієнтні методи забезпечують найкращу узгодженість між експериментальними та прогнозними даними. Додатково, Forsdyke та ін. [4] запропонували ймовірнісний підхід до вибору складу бетону, який поєднує машинне навчання з методами статистичного моделювання, що дозволяє оцінювати невизначеність

результатів і підвищувати надійність прогнозу. Ці дослідження підтверджують тенденцію переходу від емпіричних підходів до інтелектуальних систем проектування, які забезпечують адаптивну оптимізацію складу та контроль швидкості набору міцності бетону. У дослідженні використано відкритий набір даних Concrete Compressive Strength із репозиторію UCI [5], який містить 1030 записів із вісьмома параметрами складу бетонної суміші та віком зразка як вхідними ознаками, а також міцністю на стиск (МПа) як цільовою змінною. На основі цього набору було попередньо навчено регресійну модель Random Forest, яка з високою точністю (MAE ≈ 3.7 МПа) прогнозує міцність бетону залежно від його складу та віку.

Запропонований метод оптимізації реалізовано у вигляді дворівневої симуляції. У зовнішньому циклі здійснюється послідовний перебір часових інтервалів (наприклад, 3, 7, 14, 21, 28 діб), починаючи з найменшого терміну. Для кожного з них у внутрішньому циклі проводиться симуляція Монте-Карло, що генерує 10000 випадкових, але фізично правдоподібних рецептур. Для кожної з них прогнозна модель миттєво обчислює очікувану міцність. Пошук завершується, коли для найменшого терміну знаходиться хоча б один склад, що задовольняє проектну міцність із заданим допуском. Із таких варіантів вибирається оптимальний за умовною вартістю, яка визначається як зважена сума добутків вартості кожного компонента (у відносних одиницях) на його масову частку у складі. Таким чином, умовна вартість виконує роль внутрішнього критерію економічної доцільності без прив'язки до конкретних валютних показників. Метод було апробовано для задачі визначення мінімального терміну досягнення бетоном проектної міцності 40 МПа (клас В30). Аналіз 100000 випадково згенерованих рецептів показав, що досягнення цієї міцності можливе вже на третю добу після виготовлення суміші. Загалом виявлено 236 рецептів, що задовольнили умову міцності 40 ± 1.5 МПа у вказаний термін. Детальний аналіз економічно оптимального складу (умовна вартість – 7367.9 од.) підтвердив адекватність моделі та її здатність відтворювати фізико-хімічні закономірності процесу тверднення.

Основні риси знайденого «швидкого» рецепту: підвищений вміст цементу – 534.3 кг/м³, що забезпечує інтенсивну гідrataцію й швидкий набір міцності; наднизьке водоцементне відношення (В/Ц = 0.24), характерне для високоміцних бетонів; мінімальний вміст доменного шлаку (24.9 кг/м³) і золи-виносу (23.5 кг/м³), які зазвичай сповільнюють раннє тверднення.

Модель також коректно відтворила економічну залежність: вартість бетону з високою швидкістю тверднення приблизно на 80 % перевищує витрати на бетон тієї ж міцності за стандартного 28-добового тверднення (≈ 7368 од. проти ≈ 4100 од.), що узгоджується з практичними тенденціями – прискорення набору міцності потребує збільшення частки найдорожчих компонентів, зокрема цементу та хімічних добавок.

УДК 625.7

Аналіз впливу кліматичних факторів на властивості асфальтобетону

Analysis of the influence of climatic factors on the properties of asphalt concrete

Ротко С.В., к.т.н., доц., Шемчук М.О., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, M. Shemchuk, student (Lutsk National Technical University)

Розбір впливу кліматичних факторів на властивості асфальтобетону є важливою темою у дорожньому будівництві та експлуатації, оскільки зміни температури, вологості, замерзання та відтавання можуть суттєво впливати на довговічність і ефективність покриттів.

Analyzing the impact of climatic factors on the properties of asphalt concrete is an important topic in road construction and operation, as changes in temperature, humidity, freezing, and thawing can significantly affect the durability and performance of pavements.

Згідно з нормативними документами покриття та основи дорожнього одягу з асфальтобетонних сумішей треба влаштовувати в суху погоду. Укладання холодних і гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно проводити весною або влітку за температури повітря не нижче плюс 5°C, восени – не нижче плюс 10°C. Роботи з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей допускається проводити при температурах, які нижчі за нормативні, за умови дотримання наступних вимог: товщина шару асфальтобетону повинна бути min 8 см; необхідно використовувати асфальтобетонні суміші на основі бітумів, модифікованих адгезійними добавками; нижній шар покриття влаштовувати зі щільних асфальтобетонних сумішей; верхній шар покриття дорожнього одягу дозволяється влаштовувати по свіжовкладеному нижньому шару після його вистигання до температури не нижче плюс 20°C; верхній шар покриття допускається влаштовувати після прогріву нижнього шару гарячим піском, висівками або розігрівачами інфрачервоного випромінювання.

Вплив клімату на асфальтобетон має такі наслідки:

1. Температурні цикли (можуть викликати тріщини або деформації).
2. Поглинання води (вода, що потрапляє у структуру асфальтобетону через пори, може зменшити міцність матеріалу, оскільки вона викликає руйнування зв'язків між компонентами. Вона також може викликати "підйом бітуму", коли волога розширює його внаслідок осмосу).

3. Зношування покриття (високі температури та частий вплив ультрафіолетового випромінювання можуть призвести до старіння асфальтобетону, його втрати еластичності і тріщин).

Шляхи зменшення негативного впливу на асфальтобетон: використання модифікованих бітумів (модифікація бітуму різними добавками, наприклад, полімерами, дозволяє поліпшити його стійкість до температурних коливань, старіння, а також підвищити водостійкість асфальтобетонних покриттів); вибір відповідних компонентів для асфальтобетону (використання високоякісного каменю та піску з мінімальною водопоглинальною здатністю дозволяє зменшити поглинання води і, як результат, підвищити стійкість до морозів і зменшити ймовірність руйнування матеріалу через цикли замерзання-відтавання); покращення технології укладання будівельного матеріалу (технології, що враховують місцеві кліматичні умови, можуть знизити вплив негативних факторів. Наприклад, використання спеціальних укладачів асфальтобетону для досягнення максимальної щільності матеріалу дозволяє зменшити проникнення води).

До важливих комплексних критеріїв прогнозування довговічності дорожніх асфальтобетонних покриттів слід віднести втому та витривалість асфальтобетону, так як цей матеріал, перебуваючи в шарі покриття під впливом транспортних засобів, піддається багаторазовим втомним циклічним навантаженням. Низькотемпературні напруження в асфальтобетоні, що зазвичай виникають в період міжсезоння – восени та весною, можуть спричинити суттєві пошкодження дорожнього покриття. Це, у свою чергу, знижує його довговічність і призводить до значних матеріальних витрат. Тому для підвищення терміну служби асфальтобетонного покриття важливо застосовувати надійні експериментальні методи визначення низькотемпературних напружень.

У світовій практиці відомо досить багато різновидів експериментальних методів оцінки низькотемпературних властивостей асфальтобетону. З огляду на складну економічну ситуацію в Україні та значні обсяги відновлювальних робіт з ремонтів асфальтобетонного покриття, пошкодженого внаслідок збройної агресії російської федерації, особливої актуальності набуває впровадження методу випробувань, який би відповідав таким вимогам: забезпечував кореляцію з реальними польовими умовами, мав високу збіжність і відтворюваність результатів, відзначався швидкістю проведення, давав змогу випробовувати партії зразків, був простим у виконанні та не потребував дорогого обладнання.

На даний час все більше для виготовлення асфальтобетону використовуються модифіковані бітуми. У зв'язку з цим випробування повинні бути репрезентативними і для асфальтобетонів на модифікованій в'язучій.

УДК 624.047

Дослідження економічної ефективності при розрахунках залізобетонних конструкцій за Єврокодом

Research on economic efficiency in calculations of reinforced concrete structures according to Eurocode

Ротко С.В., к.т.н., доц., Боруцький М.Ф., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Rotko S., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Borutskiy M., student (Lutsk National Technical University)

У роботі проведений аналіз застосування Єврокодів і ДБНів при проєктуванні 8-ми поверхової каркасної будівлі за допомогою ПК Сапфір, визначено економічну ефективність при конструюванні монолітних ЗБК.

The paper analyzes the application of Eurocodes and DBNs when designing an 8-story frame building using SAPPFIR software, and determines the economic efficiency in the design of monolithic reinforced concrete structures.

Україна невпинно йде шляхом євроінтеграції і цей шлях вимагає глибокої та всеохоплюючої гармонізації законодавства та нормативної бази із стандартами Європейського Союзу. Будівельна галузь є одним із ключових секторів, де ця синхронізація необхідна. Оскільки будівельна галузь ЄС регламентується системою Єврокодів, повноцінне впровадження цих стандартів в Україні є неминучим та обов'язковим етапом для інтеграції у європейський економічний та технічний простір.

Головною відмінністю Єврокодів в порівнянні з ДБНами є їх підхід до проєктування. ДБН використовує наказовий підхід, тобто вимагає дотримуватись готового набору правил, формул та обмежень. Безпека забезпечується використанням «глобального» коефіцієнта запасу, який враховує разом всі можливі невизначеності. Для проєктувальників цей підхід спрощує розрахунки та пришвидчує проєктування, але веде за собою перевитрату матеріалу. Єврокоди використовують підхід більш орієнтований на результат. В Єврокодах застосовується метод часткових коефіцієнтів, тобто замість одного «глобального» коефіцієнта вводяться окремі часткові коефіцієнти до навантажень, властивостей матеріалів та до моделі опору. Використання складніших розрахунків веде до оптимізації та потенційної економії матеріалів. Єврокоди дають більше свободи проєктувальнику особливо при складних та

унікальних об'єктах, але через значно складніший розрахунок вимагають від нього вищої кваліфікації.

У роботі було виконано дослідження економічної ефективності за використання Єврокодів у порівнянні з ДБН при конструюванні фундаментної плити. У програмному середовищі ПК САПФІР 2022 була створена модель 8-ми поверхового залізобетонного каркасу будівлі з ПРУ з подальшим експортом у ПК ЛІРА-САПР.

Основні параметри будівлі: розміри пілон – 350x700 мм, 350x2000 мм, 350x1900 мм, 350x1300 мм; товщина плит – 200 мм, 400 мм; монолітні стіни – 200 мм, 400 мм; фундаментна плита – 600 мм; клас бетону плит – С20/25; клас бетону пілонів – С20/25; клас бетону стін – С20/25. Враховані діючі навантаження згідно з [1]. У результаті проведеного експерименту було виявлено, що при розрахунку за ДБН середній розхід арматури становить 59,60 кг/м², а при застосуванні Єврокоду – 54,80 кг/м². Тобто, економія на арматурі склала 8%.



Рис.1. Модель залізобетонного каркасу

Використання Єврокодів відкриває нові можливості у проектуванні та будівництві різних об'єктів. При їх застосуванні можлива економія матеріалів на 5–25% через оптимізацію конструкцій.

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: МНБДУ України, 2006. 75с. 2. ДБН В.2.6. 98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. 3. Бамбура А.М. (2015). Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 в порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84* і EN 1992- 1-1 (Eurocode 2) / [В.М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін.] Довідково-учбовий посібник; під загальною редакцією В.С. Шмуклера. Х.: Золоті сторінки, 240 с. 4. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій (EN 1992-1-1:2004, ІДТ). К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 5. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ, 2023.

Оптимізація армування залізобетонних плит перекриття

Optimization of Reinforcement Design in Reinforced Concrete Floor Slabs

Ротко С.В., к.т.н., доц., Гандзюк А.О., студентка (Луцький національний технічний університет)

S. Rotko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, A. Handzyuk, student (Lutsk National Technical University)

У роботі досліджено оптимізацію армування залізобетонних плит перекриття з використанням ПК ЛІРА-САПР.

The paper investigates the optimization of reinforcement of reinforced concrete floor slabs using the LIRA-SAPR computer software.

У сучасному будівництві залізобетон залишається одним із найпоширеніших конструкційних матеріалів завдяки своїй міцності, довговічності та універсальності. Значну частину несучих конструкцій будівель становлять плити перекриття, які сприймають навантаження від власної ваги, перегородок, людей, меблів та устаткування. Одним із ключових етапів проєктування таких плит є раціональний підбір і оптимізація армування, що дозволяє забезпечити необхідну міцність і жорсткість при мінімальних матеріальних витратах.

Метою даної роботи є оптимізація розподілу та кількості арматури в залізобетонних плитах перекриття з урахуванням експлуатаційних навантажень, граничних станів та економічних показників.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих типів плит перекриття та схем їх армування.
2. Виконати порівняльний розрахунок за різними схемами армування.
3. Визначити оптимальне співвідношення міцності та витрати арматури.
4. Зробити висновки щодо доцільності використання оптимізованої схеми армування при проєктуванні.

На практиці застосовуються різні типи плит перекриття – монолітні, збірні, ребристі, пустотні. Для кожного типу характерна своя схема армування. У монолітних плитах застосовують сітчасте армування, у пустотних – попередньо напружену арматуру між пустотами, а в ребристих – стрижневу арматуру в зонах розтягнення. Класична методика проєктування за нормативами ДБН В.2.6-98:2009 передбачає розрахунок плит за граничними станами – за міцністю і тріщиностійкістю. Проте на практиці часто виникають перевитрати

арматури через консервативні запаси міцності або неврахування реальної роботи конструкції. Тому оптимізація армування стає актуальним інженерним завданням, яке дозволяє зменшити масу конструкції, вартість матеріалів і трудомісткість будівництва.

Оптимізація армування може проводитись кількома способами:

- аналітичним методом – шляхом математичного аналізу рівнянь рівноваги та міцності елементів, визначаючи мінімально необхідну площу арматури.

- числовим моделюванням – із застосуванням програмних комплексів (SCAD, ЛІРА-САПР, МОНОМАХ-САПР, SAPFIR тощо), що дозволяють оцінити напружено-деформований стан плити при різних варіантах армування.

- економічною оптимізацією – пошуком співвідношення класу бетону та арматури, яке забезпечує мінімальну собівартість при виконанні вимог міцності.

У роботі використовувався комбінований підхід: спочатку виконали аналітичний розрахунок за нормативними формулами, після чого результати перевірили числовим моделюванням у ПК ЛІРА-САПР. Для дослідження прийнята монолітна плита товщиною 180 мм, оберта по контуру на чотири сторони. Основні навантаження включають: власну вагу конструкції, постійне експлуатаційне навантаження 3,0 кПа, тимчасове – 2,0 кПа.

Розрахунок виконували за двома варіантами:

1. Традиційна схема армування – рівномірне розташування арматури Ø10 мм через 200 мм у двох напрямках.

2. Оптимізована схема – змінний крок армування: у прольоті Ø8 мм через 200 мм, на приопорних ділянках – Ø10 мм через 150 мм.

Результати моделювання показали, що у другому варіанті максимальні напруження в арматурі не перевищують допустимих, при цьому загальна витрата сталі зменшується на 17–20%, а прогини залишаються у межах нормативних значень. Тобто, оптимізація армування дозволяє зменшити витрату арматури без втрати несучої здатності конструкції. Найбільш раціональним є комбінований підхід до розрахунку – спочатку нормативна перевірка, потім уточнення результатів числовим моделюванням. Змінна густина армування залежно від діаграми моментів дає економічний ефект 15–25%. Вибір класу бетону також впливає на економічність: використання бетону вищої міцності дозволяє зменшити діаметр арматури, але не завжди є фінансово доцільним. Використання сучасних програмних комплексів дає можливість точно визначити зони максимальних моментів і розподіл арматури, що підвищує надійність і ефективність конструкцій.

Оптимізація армування залізобетонних плит перекриття є важливим напрямом підвищення економічності та довговічності будівель. Раціональний підбір арматури сприяє зниженню матеріалоемності, спрощує монтажні роботи і підвищує конкурентоспроможність проектних рішень у сучасному будівництві.

УДК 539.422.2

Вплив корозійно-агресивних факторів на довговічність будівельних металоконструкцій у середовищах зі змінними параметрами мікроклімату

The influence of corrosive and aggressive factors on the durability of building metal structures in environments with variable microclimate parameters

А. В. Серафименко, здобувач вищої освіти (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), Р. І. Розум, к.т.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), П. В. Попович, д.т.н., професор (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

A. V. Serafymenko, higher education student, (West Ukrainian National University, Ternopil), R. I. Rozum, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (West Ukrainian National University, Ternopil), P. V. Popovych, D.Sc. in Engineering, Professor (West Ukrainian National University, Ternopil)

У роботі розглянуто вплив корозійно-агресивних факторів на міцність і довговічність будівельних металоконструкцій, визначено, що основним чинником деградації є розвиток корозійно-втомних тріщин, окреслено механізм взаємодії механічних і хімічних факторів і наголошено на необхідності врахування цих процесів під час оцінювання залишкового ресурсу конструкцій.

The paper examines the influence of corrosive and aggressive factors on the strength and durability of building metal structures, determines that the main factor of degradation is the development of corrosion-fatigue cracks, outlines the mechanism of interaction of mechanical and chemical factors, and emphasizes the need to take these processes into account when assessing the residual life of structures.

Будівельні металоконструкції, які функціонують в середовищах зі змінними параметрами мікроклімату (металеві каркаси промислових будівель і цехів; конструкції складських приміщень; металеві ферми покрівель виробничих і сільськогосподарських споруд; конструкції транспортних ангарів, депо, гаражів; металеві резервуари, трубопроводи та естакади; мости, естакади та пішохідні переходи; конструкції спортивних та виставкових павільйонів тощо), перебувають під впливом комплексу зовнішніх корозійно-агресивних факторів. До таких факторів належать температурні коливання, зміни відносної вологості повітря, дія агресивних хімічних компонентів, атмосферних опадів, пилу, а також динамічних і вітрових навантажень. Сукупна дія зазначених чинників спричиняє поступове зниження міцнісних характеристик та скорочення експлуатаційного ресурсу металевих елементів конструкцій. Найбільш

деструктивним серед них є вплив корозійно-активного середовища, яке визначає інтенсивність деградаційних процесів у матеріалі та зменшує залишкову несучу здатність конструкційних елементів.

Особливо інтенсивно корозійні процеси проявляються у металоконструкціях складських, виробничих і технологічних приміщень, де мікроклімат характеризується перепадами температури, підвищеною вологістю та наявністю агресивних хімічних речовин у повітрі. Пошкодження або часткове руйнування захисних покриттів (фарбових, лакофарбових, цинкових тощо) суттєво прискорює розвиток корозії. На уражених ділянках утворюються поверхневі мікродфекти, які з часом стають осередками зародження корозійно-втомних тріщин. Під дією змінних навантажень такі тріщини розвиваються, досягаючи критичних розмірів, що може призвести до втрати несучої здатності або руйнування окремих елементів споруди.

Відомо, що швидкість росту корозійно-втомних тріщин у металевих матеріалах значно перевищує швидкість розвитку звичайних втомних тріщин. Це зумовлено синергетичною дією механічних і хімічних факторів: локальне порушення пасивної плівки під дією напружень відкриває свіжу металеву поверхню, яка миттєво піддається корозійному ураженню. У результаті формується самопідтримуваний цикл «корозія-тріщиноутворення-корозія», що прискорює деградацію матеріалу.

Отже, в процесі оцінки міцності та довговічності будівельних металоконструкцій необхідно враховувати не лише загальну швидкість корозійного зношування, а й вплив агресивного середовища на розвиток втомних процесів у матеріалі. Особливої уваги потребують зони зварних з'єднань, стиків і місць накопичення вологи, які найчастіше стають осередками локальних руйнувань.

1. Дзядикевич Ю.В., Попович П.В., Вітровий А.О., Розум Р.І., Чорна О.В., Захарчук О.П., Галиш Н.А., Цідило З.М., Шок К.П. Сумісність компонентів матеріалів у цивільній інженерії. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип. 8(2). - С. 91-97. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.91-97](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.91-97) 2. Буряк М.В., Розум Р.І., Захарчук О.П., Попович П.В., Прогній П.Б., Чорній Л.Н. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип. 7(38). - С.143-150. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.143-150](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.143-150)

УДК 711.551:697.347

Дослідження роботи теплоізоляції одношарової системи на етапі життєвого циклу промислового об'єкта

Research on the performance of single-layer thermal insulation systems during the life cycle of industrial facilities

Соколенко В.М., доц. к.т.н., Соколенко К.В., PhD, Коліушко О.Ю. магістр, Герасим П. М. магістр (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Київ)

Sokolenko V. M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Sokolenko K.V., Ph.D. in Engineering, Koliushko O. Y., master's student, Herasym P.M., graduate student. (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv)

Розглянуто проблему ефективності функціонування зовнішнього огородження промислового об'єкту з металевим каркасом та одношаровою стіною системою. Визначено та проведено аналіз дефектних рішень огороджуючих конструкцій, що виникли за рахунок конструктивних та організаційно-будівельних чинників. Розроблено проектно-технологічні рішення щодо усунення дефекту, рекомендовано умови та обмеження, що сприятимуть унеможливленню подібних будівельних прорахунків та наслідків у майбутньому

The problem of the effectiveness of the external fencing of an industrial facility with a metal frame and a single-layer wall system is considered. Defective solutions for enclosing structures that arose due to design, organizational, and construction factors are identified and analyzed. Design and technological solutions for eliminating the defect are developed, and conditions and restrictions are recommended that will help prevent similar construction errors and consequences in the future.

У промислових будівлях каркасного типу оболонки зі стінових профільованих листів з прошарком мінеральної вати часто проектують і монтують за «типовими» схемами. Найчастіші похибки – недооцінка повторюваних та точкових теплових містків (прогони/рейки, наскрізні самонарізні гвинти, стики), стискання й усадка м'якої вати, розриви пароізоляції та повітронепроникного контуру. У підсумку розрахункове значення коефіцієнта теплопередачі стіни U зростає, а локальні зони у місцях кріплень і прогонів охолоджуються до температури точки роси, що призводить до конденсації, корозії обшивки та додаткових енерговтрат. Такі ефекти прямо враховуються міжнародними методиками ISO 6946 (теплотехнічні розрахунки) та ISO 13788 (оцінка ризику поверхневої та міжшарової конденсації) [1].

У сучасній українській практиці реконструкції та модернізації будівель наголошується на необхідності врахування всіх стадій життєвого циклу [3], однак вимоги до ремонтпридатності й реконструкції часто нормуються формально[4,5].

Після початку повномасштабної війни один з виробників харчової продукції здійснив релокацію з м. Харків до Індустріального парку «Біла Церква». Як виробничі будівлі обрано корпуси F-1 (Цех з виробництва електротехнічної продукції літ. «Л-2») та F-3 (рис.1), які у вихідному стані відповідають вимогам індустриальних сталевих каркасів виробництва компанії Astron (EN 10025-2, S355J2; болтові з'єднання класу 10.9) та оснащені одношаровими стіновими системами з профільованого листа.

На етапі першого року експлуатації в осінньо-зимовий період зафіксовано надмірні тепловтрати й локальне зволоження фасадів у зоні кріплення профільованих листів. Каркас будівель – сталеві рами виробництва компанії Astron (Люксембург) із прогонами стін і покриття, без вертикальних зв'язків між колонами, що забезпечує вільне планування. Огороджувальні конструкції стін – одношарова система на основі профільованого листа LPA900 з внутрішнім волокнистим утеплювачем INF 100 мм та паро-/вітрозахисними шарами внутрішнього простору будівлі. Слабке місце вузла – лінія прогону, вузол ХК281-А, де скловолокно локально стискається кріпленнями до товщини ~29 мм, що змінює теплотехнічні параметри вузла.

З метою аналізу задля виправлення дефектного рішення, було кількісно оцінено характер роботи огорожувачої одношарової конструкції, та зокрема формування виявленого теплового містка вузла ХК281-А, визначено його вплив на середній коефіцієнт теплопередачі U фасаду, ризику конденсації, річні енергетичні втрати і сформовано практичні рекомендації з локальної реконструкції фасаду.

Розрахунок опору теплопередачі огорожувальних конструкцій проведено за класичною формулою теплотехнічного розрахунку опору теплопередачі багатшарових огорожувальних конструкцій [1,6]. Вплив на граничний термін експлуатації здійснює сукупність чинників, серед яких слід виокремити локальне зволоження утеплювача. У місцях зниження товщини утеплювача до 29 мм коефіцієнт теплопередачі зростає угричі ($U_2 = 1,117 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ проти $U_1 = 0,375$). Це призводить до зниження температури внутрішньої поверхні до ~13,7 °С, що відповідає зоні ризику конденсації. Волога у волокнистому утеплювачі збільшує λ , погіршує теплотехнічні характеристики та пришвидшує його руйнування.

Довгострокові негативні наслідки без реагування та локальної реконструкції фасаду призводять до зменшення реального терміну служби фасадної оболонки з розрахункових 30–35 років до 20–25 років без проведення модернізації; зростання сумарних експлуатаційних витрат упродовж 10 років на

15–20 % (додаткові енерговтрати, ремонти, заміна кородованих вузлів) підвищення ризику аварійних ситуацій: намокання утеплювача з подальшим промерзанням створює внутрішні напруження та тріщини, що може потребувати локальної реконструкції.

Висновок. Встановлено, що у лінії прогону фактична товщина волокнистого утеплювача зменшується до 29 мм, що формує тепловий місток. Запропоновано проектно-технологічні рішення щодо усунення дефекту (встановлення ізоблоків/перехід на сендвіч-панелі, локальна реконструкція фасадів, а також регламенти контролю якості монтажу й експлуатації). Запропоновані заходи з локальної реконструкції фасадів, альтернативні рішення із застосуванням сендвіч-панелей, а також впровадження системної діагностики та контролю дозволяють мінімізувати негативні наслідки й забезпечити відповідність нормативним вимогам (ДБН В.2.6-31:2021, ДСТУ EN ISO 6946:2019) та міжнародним стандартам у харчовій промисловості (IFS, BRC). Реалізація цих рекомендацій підвищує надійність та ремонтпридатність конструкцій, зменшує експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу й продовжує фактичний термін служби фасадних систем.

1. ДСТУ Б EN ISO 6946:2019. Будівельні конструкції та будівельні вироби. Тепловий опір і коефіцієнт теплопередачі. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 2. Astron Buildings. LPA900 Single-skin wall system. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.astron.biz/en/building-system/products/wall/lpa900> (дата звернення: 20.09.2025). 3. Махінько А.В., Скляренко С.О. Проблеми нормування вимог до реконструкції об'єктів будівництва на стадії життєвого циклу. – *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*, 2024, №3(107). – DOI:10.31713/vt3202419. 4. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 5. ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles. – Geneva: ISO, 2011. 6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. (2016). К.: Мінбуд України

УДК 69.043

Оптимізація поперечного перерізу сталевій зварної двотаврової балки за критерієм мінімальної потенціальної енергії деформації

Optimization of the cross-section of a steel welded I-beam according to the criterion of minimum potential strain energy

К. В. Соколенко, PhD, (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ)

K. V. Sokolenko, PhD, (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv)

Розглянуто задачу оптимізації поперечного перерізу сталевій двотаврової балки на основі критерію мінімуму потенційної енергії пружної деформації при згині балки. Аналітичне диференціювання цього критерію дозволило вивести безрозмірний конструктивний параметр, що характеризує оптимальне співвідношення між площею стінки і площею пояса двотавра.

The problem of optimizing the cross-section of steel I-beams based on the criterion of minimum potential energy of elastic deformation during beam bending is considered. Analytical differentiation of this criterion made it possible to derive a dimensionless design parameter that characterizes the optimal ratio between the wall area and the flange area of the I-beam.

Визначення оптимальних розмірів двотаврових балок впливає на економічність конструкції і залежить від безлічі факторів, задоволення яких повинно забезпечити необхідну міцність, стійкість і жорсткість.

Очевидним є те, що більш високі навантаження вимагають більш розвинених поперечних перерізів балок, збільшуючи масу конструкції. У той же час, форма і габарити споруди можуть накладати обмеження на розміри перерізів.

На розміри поперечних перерізів балок можуть впливати силові фактори, залишкові напруження [1], матеріал балки – різні класи сталей мають різні характеристики, які впливають на оптимальні розміри балок [2], технологічні особливості виконання зварних з'єднань, умови експлуатації.

Чинні норми проектування сталевих конструкцій встановлюють мінімальні вимоги до розмірів елементів сталевих зварних балок виходячи із забезпечення їх міцності, стійкості та деформативності.

Поняття оптимальної висоти складеного двотаврового перерізу балки, що залежить від співвідношення параметрів стінки h_w/t_w , було запропоновано В.М.

Вахуркіним у вигляді мінімуму функції площі розрахункового перерізу у вигляді похідної $dA/dh = 0$ при фіксованій міцності сталі [3].

Пропонується встановити оптимальні розміри балки постійного перетину, виходячи з критерію мінімуму потенційної енергії пружної деформації $dU/dh = 0$, що накопичується в балці при згині, в результаті дії зовнішніх сил:

$$U = U_M + U_Q = \frac{1}{2EI} \int_0^l M^2 dx + \frac{\eta}{2GF} \int_0^l Q^2 dx \quad (1)$$

У даному випадку, складову впливу потенційної енергії зсуву U_Q не враховуємо, оскільки додатковий прогин, викликаний поперечними силами, як відомо, залежить від співвідношення (l/h) , і має істотне значення для порівняно коротких балок.

Виходячи з відомих виразів для згинального моменту в довільному перерізі шарнірно-опертої балки двотаврового перерізу, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, підставивши їх у вираз (1) та взявши першу похідну потенційної енергії по висоті стінки балки ($h \approx h_w$) і прирівнявши її до нуля, можна визначити оптимальну висоту перерізу балки:

$$\frac{dU}{dh_w} = - \frac{q^2 L^5 \left(3t_w h_w^2 + 12b_f t_f h_w + 12b_f t_f^2 \right)}{20E \left(t_w h_w^3 + 6b_f t_f h_w^2 + 12b_f t_f^2 h_w + 8b_f t_f^3 \right)^2} = 0 \quad (2)$$

Звідки визначаємо єдиний дійсний корінь даного рівняння:

$$h_w = - \frac{2t_f \left(b_f + \sqrt{b_f^2 - b_f t_w} \right)}{t_w} \quad (3)$$

Спростимо отриманий вираз (де $x = t_w/b_f$):

$$h_w = - \frac{2t_f \left(b_f + \sqrt{b_f^2 - b_f t_w} \right)}{t_w} = - \frac{2t_f}{t_w} b_f \left(1 + \sqrt{1-x} \right); \quad (4)$$

Розкладемо підкореневий вираз в степеневий ряд при $|x| < 1$:

$$\sqrt{1-x} = 1 - \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} + O(x^3); \quad x \rightarrow 0 \quad (5)$$

Повертаємо значення для x та підставляємо (5) у вираз в дужках:

$$b_f \left(1 + \sqrt{1-x} \right) = \dots = 2b_f - \frac{t_w}{2} - \frac{t_w^2}{8b_f} + O\left(\frac{t_w^3}{b_f^2} \right) \quad (6)$$

Підставляємо в початковий вираз (4):

$$h_w = -\frac{4b_f t_f}{t_w} + t_f + \frac{t_f t_w}{4b_f} + O\left(\frac{t_f t_w^2}{b_f^2}\right) \quad (7)$$

Оскільки $b_f \gg t_f$, можемо залишити лише перший, головний член наближення, а інші члени вищих порядків малості (першого і вище), та константи (члени нульового порядку) з незначною похибкою (при $t_w/b_f = 0.05$, $\Delta \approx 1.28\%$), відкинути:

$$h_w = -\frac{4b_f t_f}{t_w} \quad (8)$$

З урахуванням того, що $A_w = h_w t_w$, $A_f = b_f t_f$, взявши по модулю отриманий вираз, можемо ввести безрозмірний конструктивний параметр двотавра, який характеризує оптимальне співвідношення між площею стінки та площею полицки двотавра:

$$k_A = \frac{h_w t_w}{b_f t_f} = \frac{A_w}{A_f} \quad (9)$$

Використання отриманого коефіцієнту дозволяє розробити методику наближеного підбору оптимального перерізу двотаврової сталевий з урахуванням вимог міцності та економічності конструкції.

1. Гордеев В. Н. Элементарные задачи оптимизации двотавра. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. 2009. № 3. С. 27–48. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZNPISK_2009_3_6 (дата звернення: 09.10.2025).
2. Голоднов А. И., Фомина И. П. К определению оптимальных параметров стальных двотавровых балок. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2014. № 14. С. 95–104. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZNPISK_2014_14_11 (дата звернення: 09.10.2025).
3. Вахуркин В. М. Наиболее выгодная форма двотавровых балок. *Бюллетень строительной техники*. 1949. № 21. С. 3–8.

УДК 624.012

Визначення несучої здатності залізобетонних колон

Determination of the load-bearing capacity of reinforced concrete columns

О. А. Ужегова, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет), О. Г. Бондарський, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет), Ю. Д. Кислюк, магістр, (Луцький національний технічний університет)

O. A. Uzhehova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lutsk National Technical University), O. G. Bondarskyi, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lutsk National Technical University), Ju. D. Kysluk, master (Lutsk National Technical University)

Зважаючи на міцність, довговічність, надійність та інші позитивні характеристики залізобетонних конструкцій, доволі часто їх використовують повторно після демонтажу. Саме тоді виникає потреба у перевірці міцності і встановленні несучої здатності конструкцій, що вже були у використанні. Окрім натурних обстежень, обмірів, інструментальних досліджень методами неруйнівного, а часом і руйнівного контролю, виконують розрахунки тримкої здатності існуючих конструкцій. В основу цих розрахунків покладено деформаційну модель. Залізобетонні колони розглядають як стиснуті елементи, що працюють за першою або за другою формою рівноваги.

Given the strength, durability, reliability and other positive characteristics of reinforced concrete structures, they are often reused after dismantling. This is when it becomes necessary to check the strength and determine the load-bearing capacity of structures that have already been in use. In addition to field surveys, measurements, and instrumental studies using non-destructive and sometimes destructive testing methods, calculations of the load-bearing capacity of existing structures are performed. These calculations are based on a deformation model. Reinforced concrete columns are considered as compressed elements operating in the first or second form of equilibrium.

Залізобетонні конструкції мають високу міцність, значну довговічність, надійність, стійкість до дії лугів та кислот, атмосферостійкість, морозостійкість, вологостійкість та інші. Такі конструкції можна використовувати повторно після демонтажу будівельних елементів об'єктів з різних причин – при реконструкції, зміні призначення, втраті рентабельності, як морально застарілих, через руйнування частини елементів каркасу тощо. Саме тоді виникає потреба у перевірці міцності і встановленні несучої здатності залізобетонних конструкцій, що вже були у використанні. Окрім натурних обстежень, обмірів,

інструментальних досліджень методами неруйнівного, а часом і руйнівного контролю, виконують розрахунки тримкої здатності існуючих конструкцій. В основу цих розрахунків покладено деформаційну модель. Залізобетонні колони розглядають як стиснуті елементи, що працюють за першою або за другою формою рівноваги.

При використанні спрощеної діаграми деформування бетону розглядають дві форми рівноваги перерізу:

- при першій формі рівноваги (рис. 1, 2) весь переріз стиснутий (умовна висота стиснутої зони $x \geq h$);
- при другій формі рівноваги (рис. 3) частина перерізу стиснута, а інша його частина розтягнута ($x < h$).

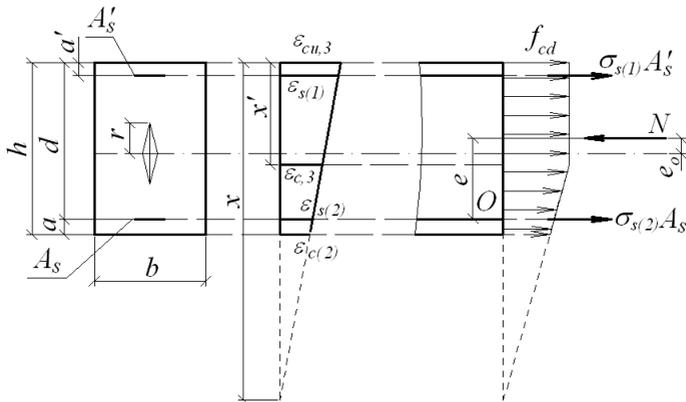


Рис 1. Загальний випадок стиснутого елемента за першої форми рівноваги

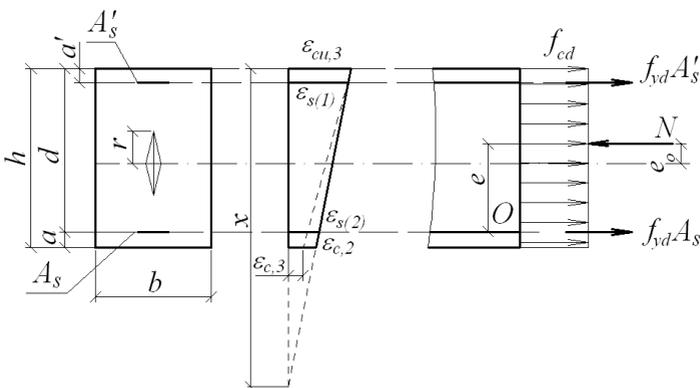


Рис. 2. Частковий випадок стиснутого елемента за першої форми рівноваги, розподіл деформацій і напружень при $\epsilon_{c,3} < \epsilon_{c,2} < \epsilon_{cu,3}$

У частковому випадку, коли деформації $\epsilon_{c,3} < \epsilon_{c,2} < \epsilon_{cu,3}$ (рис. 2), несучу здатність перерізу стиснутого елемента визначають з умови рівноваги відносно точки O :

$$\sum M_0 = 0; \quad -Ne + f_{yd}A'_s(d - a') + f_{cd}bh(0,5h - a) = 0,$$

звідки легко обчислити силу N .

Ще простіший шлях визначення тримкої здатності – спроектувати всі сили на вісь X , звідки знайти невідому стискуючу силу N :

$$\sum X = 0; \quad -N + f_{yd}A'_s + f_{cd}bh + f_{yd}A_s = 0.$$

Коли елемент працює під дією стискувального навантаження зі значними ексцентриситетами, то доводиться розглядати другу форму рівноваги (рис. 3, 4)

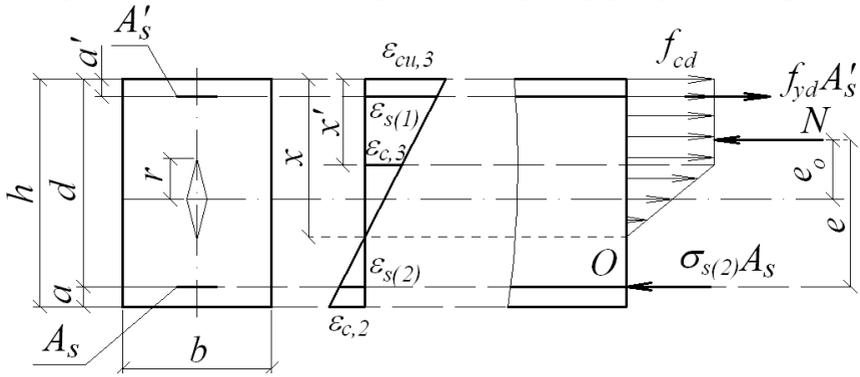


Рис. 3. Переріз стиснутого елемента за другої форми рівноваги при дволінійній епюрі напружень у бетоні

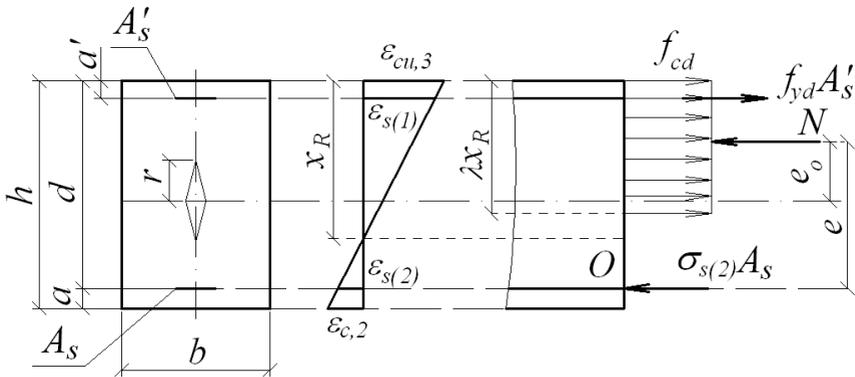


Рис. 4. Переріз стиснутого елемента за другої форми рівноваги при прямокутній епюрі напружень у бетоні

Момент відносно осі, що проходить через центр ваги розтягнутої арматури:

$$M_o = Ne = f_{yd} A_s' (d - a') + \alpha_R f_{cd} b d^2 .$$

Звідки знайти невідому стискуючу силу: $N = M_o / e$.

Момент відносно осі, що проходить через центр ваги арматури стиснутої зони:

$$M_{oI} = Ne' = f_{yd} A_s (d - a') - 0,8 f_{cd} b x_R (0,4 x_R - a') .$$

Шукана стискуюча сила у цьому випадку: $N = M_{oI} / e'$.

З усіх отриманих значень N потрібно прийняти менше, яке і буде відповідати несучій здатності колони.

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1. https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3080063210573792873/2023-04-13/adb4ca1e-8595-4d35-9b22-a858d85864b4.pdf 2. ДСТУ Б В.2.6.-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY/dsty_b_v.2.6-156-2010.pdf 3. Eurocode-2: Design of concrete structures. – Part 1-1: General rules and rules for building: EN 1992-1-1. – [Final draft, december, 2004]. – Brussels: CEN, – 2004. – 225 p. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.1.2004.pdf> 4. Ужегова О.А., Ужегов С.О., Ротко С.В., Задорожнікова І.В. Розрахунок стиснутих елементів за першою формою рівноваги. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, 2016, 32, 274-281. http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2016_32_39 5. Ужегова О.А., Ужегов С.О., Ротко С.В., Самчук В.П. Розрахунок стиснутих елементів за другою формою рівноваги. *Містобудування та територіальне планування*, 2016, 61, 432-437. http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2016_61_55 6. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморкалов Д.В. Розрахунок за міцністю перерізів, нормальних та похилих до поздовжньої осі, згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98:2009: Навч. пос. – К.: КНУБА, 2012. – 62 с. 7. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 у порівнянні з розрахунком за СНиП 2.0301-84* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / В. М. Бабаєв, А. М. Бамбура, О. М. Пустовойтов та ін.; за заг. ред. В. С. Шмуклера. – Харків: Золоті сторінки, 2015. – 208 с.

УДК 624.012.35

Напружено-деформований стан двохшарнірних залізобетонних рам при повторних навантаженнях

Stress-strain state of double-hinged reinforced concrete frames under repeated loading

С. В. Філіпчук, д.т.н., професор, О. С. Собіщанський., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

S.V. Filipchuk, D.Sc. in Engineering, Professor, O.L. Sobishchanskyi, postgraduate (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

Малоциклові навантаження суттєво впливають на напружено-деформований стан П-подібних залізобетонних рам з штучним регулюванням зусиль. Внаслідок їхньої дії збільшуються повні і залишкові деформації бетону і арматури, прогини та ширина розкриття тріщин в елементах рам.

Low-cycle loads significantly affect the stress-strain state of U-shaped reinforced concrete frames with artificial force regulation. As a result of their action, total and residual deformations of concrete and reinforcement, deflections and the width of crack opening in the frame elements increase.

У сучасній будівельній практиці під час проектування та зведення будівель і споруд широкого призначення активно застосовуються монолітні залізобетонні рами різних типів. Вони забезпечують надійність і довговічність експлуатації споруд навіть у складних кліматичних умовах. Крім того, технологія виготовлення таких конструкцій добре адаптована до сучасних методів індустріального будівництва, що сприяє скороченню термінів виконання робіт і зниженню собівартості.

Рама Р1-П піддавалася короткочасним повторним малоцикловим навантаженням. Повторні навантаження рам виявили особливості зміни напружено-деформованого стану перерізів їх елементів. На першому циклі повторних навантажень, при $F = 10$ кН, ширина розкриття тріщин становила: $w = 0,08$ мм – у вузлі рами, та $w = 0,04$ мм – у прольоті ригеля рами. При збільшенні навантаження на першому циклі до рівня $F = 22,5$ кН ширина розкриття тріщин зросла в прольоті ригеля рами – до $w = 0,18$ мм, а у вузлі рами – до $w = 0,28$ мм.

Вже на першому циклі практично відбувся перерозподіл зусиль, а на наступних циклах рама працювала більш пружно. При повторних навантаженнях спостерігалось збільшення деформацій бетону і арматури до п'ятого циклу, після чого це збільшення припинилося. При $F = 22,5$ кН на першому циклі в середньому прольотному перерізі ригеля деформації стиснутого бетону і розтягнутої арматури досягли таких значень $\varepsilon_{c,sp,cyc} = 81,06 \times 10^{-5}$ і $\varepsilon_{s,sp,cyc} = 227,44 \times 10^{-5}$. Після розвантаження залишкові деформації в бетоні і арматурі склали відповідно $\varepsilon_{b,sp,res} = 22,58 \times 10^{-5}$ і $\varepsilon_{s,sp,res} = 73,06 \times 10^{-5}$. При цьому відповідні деформації у вузлових перерізах склали $\varepsilon_{c,sup,cyc} = 36,13 \times 10^{-5}$ і $\varepsilon_{s,sup,cyc} = 84,42 \times 10^{-5}$. Більші залишкові деформації в арматурі пояснюються утворенням залишкової ширини розкриття тріщин.

В розтягнутій арматурі прольоту ригеля залишкові деформації також проявилися на перших п'яти циклах. Так, після першого циклу вони склали 80,1% від максимальних після десятого циклу ($\varepsilon_{s,cyc,res} = 91,15 \times 10^{-5}$), а після п'ятого - 97,4%. Треба зазначити, що на циклах навантаження поряд зі збільшенням залишкових деформацій в стиснутому бетоні спостерігалось і збільшення короткочасних його деформацій. Так, при $F_{cyc} = 22,5$ кН такі деформації на другому циклі в прольоті ригеля склали $\varepsilon_{c,el} = 84,63 \times 10^{-5}$, а на десятому - $\varepsilon_{c,el} = 93,70 \times 10^{-5}$, що свідчить про певне зменшення модуля пружнопластичності бетону. На шостому – десятому циклах зміна деформацій в розтягнутій арматурі практично лінійно залежала від величини навантаження, що можна також пояснити стабілізацією процесів тріщиноутворення.

На одинадцятому циклі рама Р1-П була довантажена до руйнування. Перевищення навантаження $F = 22,5$ кН спричинило виникнення нових пластичних деформацій в бетоні та розвиток тріщин. Залежність між деформаціями бетону та арматури від навантаження почала набувати криволінійного характеру. При навантаженні $F = 22,5$ кН пластичні шарніри виникли у вузлах ($\varepsilon_{s,sup} = 262,5 \times 10^{-5}$; $\varepsilon_{s,sp} = 288,8 \times 10^{-5}$; $\varepsilon_{c,sup} = 158,0 \times 10^{-5}$). При $F = 25$ кН деформації арматури в прольоті ригеля досягли граничних значень ($\varepsilon_{s,sp} = 268,53 \times 10^{-5}$), що свідчить про утворення в прольоті пластичного шарніру. внаслідок чого при $F_u = 25,75$ кН рама зруйнувалася. Прогин ригеля рами, перед руйнуванням, становив 17,21 мм, а ширина розкриття тріщин: у вузлі – 0,6 мм, а в прольоті – 0,28 мм.

1. Filipchuk S.V., Sobishchanskyi O.L., Kovalchuk Y.T. Methodology for testing double-hinged reinforced concrete frames with artificial regulation of forces. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2025. Вип. 47. С. 425 – 430. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i47.51>

2. Філіпчук С. В., Собіщанський О.Л., Ковальчук Ю.Т. Методика випробування двошарнірних залізобетонних рам. Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції зб. тез доп. Київ, 2025. С. 139.

УДК 539.3

Механічні властивості жорстких пінополіуретанів, модифікованих перлітовими добавками

Mechanical properties of rigid polyurethane foams modified with perlite additives

Т. В. Фурс, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), О. А. Мікуліч, д.т.н., професор, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), І. М. Войтюк, аспірант (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

T. V. Furs, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lutsk National Technical University, Lutsk), O. A. Mikulich, D.Sc. in Engineering, Professor, (Lutsk National Technical University, Lutsk), I. M. Voitiuk, Ph.D. student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проведено експериментальні дослідження з визначення механічних характеристик жорстких пінополіуретанів, модифікованих перлітовими добавками гранульованого виду, під час випробувань на стиск.

Experimental studies were carried out to determine the mechanical properties of rigid polyurethane foams modified with granular perlite additives under compression testing.

Пінополіуретани (ППУ) належать до класу полімерних матеріалів з пористою структурою, яка обумовлює їх низьку густина, хороші теплоізоляційні властивості та оптимальні механічні характеристики. Завдяки цим властивостям ППУ широко застосовуються у різних сферах, зокрема, у будівництві, машинобудуванні, авіаційній та холоодильній техніці тощо [1-2].

Проте, традиційні пінополіуретани мають певні обмеження, такі як крихкість при експлуатації в умовах змінних навантажень, старіння під впливом умов зовнішнього середовища. Втім, для оптимізації їх властивостей, необхідних в умовах експлуатації, а також розширення їх функціональних можливостей у різних сферах, вдаються до модифікування з введенням наповнювачів різного виду (мінеральних, органічних, полімерних) [3-5].

У даній роботі було поставлено завдання: отримати зразки піни із введенням у поліуретанову матрицю добавки гранульованого перліту; виконати дослідження, пов'язані з випробуванням на стиснення, за отриманими даними визначити механічні характеристики, порівняти результати і зробити висновки щодо ефективності такого модифікування ППУ.

Тип модифікуючої добавки перліту був вибраний на основі аналізу характеристик даного матеріалу: здатність до світловідбивання та низький коефіцієнт теплопровідності (нижчий порівняно з ППУ), що є доцільно для оптимізації властивостей ППУ, особливо для використання у будівельній галузі.

Поліуретанові піни отримували внаслідок хімічної реакції спінювання, яка відбувалася при змішуванні двох основних компонентів поліолу та поліізоціанату з додаванням гранульованого спученого перліту (натуральний природний мінерал) у якості модифікатора. Таким способом було отримано 6 композицій ППУ з різним вмістом перліту 0 ... 10 час.ч.

У результаті проведених експериментальних випробувань на стиск було отримано діаграми навантажень (стиснення) зразків ППУ, на основі даних яких було визначено їх механічні характеристики: модуль Юнга, межу плинності, відносну пластичну деформацію.

За аналізом результатів проведених досліджень виявлено відмінність величин механічних параметрів в залежності від вмісту модифікатора. Додавання гранульованого перліту (дисперсність 0,2 ... 2 мм) у поліуретанову матрицю дає змогу одночасно змінювати морфологію піни, її пористість, пружність та пластичність ППУ. Водночас, перлітовий модифікатор поводить себе як наповнювач, оскільки за природою є хімічно інертним і не вступає у реакцію з компонентами ППУ, хоча й проявляє адгезію до матеріалу матриці.

Отримані результати мають новизну щодо способу оптимізації тепло-, гідро та звукоізоляційної здатності ППУ і є актуальними в напрямку прикладних аспектів їх використання у будівництві та інших галузях інженерної діяльності.

1. Ates, M., Karadag, S., Eker, A.A. and Eker, B. (2022), Polyurethane foam materials and their industrial applications. *Polym Int*, 71: 1157-1163. <https://doi.org/10.1002/pi.6441>
2. Gama, N. V., Ferreira, A., & Barros-Timmons, A. (2018). Polyurethane Foams: Past, Present, and Future. *Materials*, 11(10), 1841. <https://doi.org/10.3390/ma11101841>
3. Lubczak R., DominikBroda D., Agata W., RenataKus M. (2018), Preparation and characterization of boron-containing polyurethane foams with carbazole. *Polym. Test.* 70:403–412. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.07.027>
4. Chai H., Duan Q., Jiang L., Sun J. (2019), Effect of inorganic additive flame retardant on fire hazard of polyurethane exterior insulation material. *J. Therm. Anal. Calorim.* 135:2857–2868. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7797-3>
5. Obiechegu Z., Chibuzor O., Naidoo D., Hendrica M., Selby M. (2024), Comparison of biowaste fillers extracted from fish scales and collagen on the mechanical properties of high-density polyurethane foams. *Polymers.* 16:2825. <https://doi.org/10.3390/polym16192825>

СЕКЦІЯ 5

Енергоефективність у міському будівництві та господарстві. Містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад

УДК 004.89:620.9:711

Using artificial intelligence for energy consumption monitoring in urban construction

Використання штучного інтелекту для моніторингу енергоспоживання в міському будівництві

Yu. V. Dotsenko, Ph.D. in Engineering, N. V. Sidorova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa)

Ю. В. Доценко, к.т.н., Н. В. Сидорова, к.т.н., доцент (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

The application of artificial intelligence technologies to increase the energy efficiency of buildings and urban economy is considered. Modern approaches to monitoring energy consumption, the use of "smart" sensor systems and digital energy management platforms are considered using the example of Odesa.

Розглянуто застосування технологій штучного інтелекту для підвищення енергоефективності будівель та міського господарства. Розглянуто сучасні підходи до моніторингу споживання енергії, використання «розумних» сенсорних систем та платформ цифрового енергоменеджменту на прикладі Одеси.

Artificial intelligence allows you to analyze large amounts of data obtained from building monitoring systems, lighting, heat supply or water supply networks. Machine learning algorithms determine patterns of energy consumption, predict peak loads and form optimal operating modes of engineering systems.

Smart Building and Smart Grid systems are actively being implemented in modern buildings and public spaces, which integrate sensors for temperature, humidity, light, movement, etc [1-4].

Such systems not only collect information, but also automatically regulate the operation of heating, ventilation, air conditioning, lighting in accordance with real needs. As a result, electricity consumption is reduced, CO₂ emissions and overall operating costs are reduced.

These technologies are of particular importance for urban construction in Ukraine, where a significant part of the housing stock was created in the 20th century and is characterized by low energy efficiency.

The use of AI systems in the reconstruction and modernization of buildings allows you to identify “weak spots” in the thermal circuit, model various energy consumption scenarios and predict the results of energy modernization.

The experience of cities in the European Union shows that the use of digital energy monitoring makes it possible to reduce electricity consumption in residential and public buildings by 15–35%, as well as significantly reduce the cost of servicing engineering systems.

In this context, Odesa has the potential to implement intelligent energy monitoring systems in municipal buildings, educational institutions and utility companies. Already now, the city is implementing projects to modernize lighting systems based on LED technologies and “smart” control, which can become the basis for creating Smart Districts - smart neighborhoods capable of independently regulating the energy balance.

In addition, artificial intelligence is used at the design stages of new facilities in BIM (Building Information Modeling) environments. Integrating energy models into Archicad or Revit allows you to predict the behavior of a building before construction begins, taking into account the impact of climate, orientation, and level of natural light. Such approaches create the conditions for a comprehensive digital transformation of the construction industry.

Conclusions. The introduction of artificial intelligence technologies into urban construction opens up new opportunities for increasing energy efficiency, reducing operating costs, and rational use of resources.

Intelligent monitoring systems contribute to the creation of a comfortable and safe urban environment that meets the principles of sustainable development.

Further research should be aimed at developing national standards for digital energy management and integrating such systems into the development strategy of Ukrainian cities.

1. Manzoor, N. A., Johnson, P. N., Mark, A. P. Energy Management for Internet of Things-Based Smart Buildings Using a Novel Deep Learning Technique. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 2023, 12(2s), 303 - 312. URL: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3589> . 2. Gunasena, E., Alazab, A., Talukder, M.A. Artificial intelligence for energy optimization in smart buildings: A systematic review and meta-analysis. *Energy Informatics*, 2025, 8, 135. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-025-00592-8> . 3. Synii, S., Krantovska, O., Ksonshkevych, L., Ksonshkevych, A., Sunak, P. The role of information and communication technologies in the research methodology of construction objects. *Modern Technologies and Methods of Calculations in Construction*, 2024, 21, 198-206. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-21) . 4. Jahan, F., Bajwa, A., Ahmed, I., Siddiqui, N. A. A Systematic Literature Review on AI-Enabled Smart Building Management Systems for Energy Efficiency and Sustainability. *American Journal of Scholarly Research and Innovation*, 2024, 3(2), 1-27. DOI: <https://doi.org/10.63125/4sjfn272> .

УДК 72.01 + 725.5

Evaluating the Energy Performance of Passive Cooling and Ventilation Systems in Moroccan Hospitals

Оцінка енергетичної ефективності пасивних систем охолодження та вентиляції в лікарнях Марокко

I. Ech-charyfy, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

I. Іш-шаріфі, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Дослідження аналізує ефективність пасивних систем охолодження та вентиляції в лікарнях Марокко як ключового напрямку підвищення енергоефективності будівель охорони здоров'я. Розглянуто архітектурно-планувальні рішення, що базуються на природній вентиляції, орієнтації будівлі та застосуванні сонцезахисних елементів. Результати показують, що впровадження пасивних стратегій у проектуванні лікарень дозволяє зменшити енергоспоживання на охолодження до 30–40 %, забезпечуючи комфортні мікрокліматичні умови для пацієнтів і персоналу. Дослідження спрямоване на розробку рекомендацій для інтеграції кліматично адаптованих архітектурних рішень у сучасну практику медичного будівництва Марокко.

The study analyzes the effectiveness of passive cooling and ventilation systems in Moroccan hospitals as a key approach to improving the energy performance of healthcare buildings. It reviews architectural and spatial strategies based on natural ventilation, building orientation, and the use of shading devices. Findings indicate that integrating passive design strategies in hospital architecture can reduce cooling energy consumption by 30–40% while maintaining comfortable indoor conditions for patients and staff. The research aims to develop recommendations for integrating climate-adapted architectural solutions into modern healthcare design practice in Morocco.

Healthcare buildings are among the most energy-intensive facilities due to their continuous operation and strict indoor comfort requirements. In Morocco, where climatic conditions range from the humid coastal Mediterranean to the hot arid desert, hospitals face significant energy challenges, especially in maintaining adequate cooling and ventilation. The dependence on mechanical systems leads to high operational costs and increased carbon emissions, emphasizing the necessity of adopting passive design strategies to achieve sustainable and energy-efficient healthcare environments [1]. Traditional Moroccan architecture provides valuable lessons in climate-responsive design; elements such as courtyards, thick walls, and narrow shaded streets have historically moderated indoor temperatures and created

comfortable microclimates even in extreme conditions [2]. Adapting these vernacular principles to contemporary hospital architecture offers an opportunity to reconcile modern functionality with environmental responsibility. The study focuses on evaluating three key passive strategies: natural ventilation, which relies on cross-ventilation and stack effects to ensure air quality and reduce dependence on mechanical cooling; orientation and shading, which minimize solar heat gains through strategic building placement and the use of architectural devices such as louvers and brise-soleil; and thermal mass combined with night cooling, which stabilizes indoor temperatures by using materials with high heat capacity and controlled night-time airflow [3].

The methodology includes a comparative analysis of hospital buildings located in Morocco's distinct climatic zones – Casablanca on the coast, Marrakech in the semi-arid interior, and Errachidia in the desert region – supported by computer-based energy simulations using tools such as EnergyPlus. Key performance indicators include annual cooling energy demand, indoor thermal comfort indices, and reductions in HVAC loads.

Preliminary findings indicate that optimizing orientation and shading can reduce solar gains by up to 25%, while effective natural ventilation can decrease cooling energy demand by an additional 15–20% [4]. These results highlight the significant potential of passive cooling and ventilation systems to improve energy performance and indoor environmental quality without compromising medical functionality or patient comfort. Moreover, the integration of these strategies aligns with Morocco's national sustainability goals and energy efficiency policies, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and the promotion of healthier, more comfortable public buildings [5]. Energy-efficient hospitals thus become models of responsible architecture that enhance patient well-being, staff comfort, and overall healthcare quality while lowering environmental impact. Passive cooling and ventilation are therefore not only technical solutions but also a design philosophy that harmonizes technology, tradition, and health, positioning sustainable hospital architecture as a key element in Morocco's transition toward a resilient and environmentally conscious built environment.

1. Givoni, B. (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. John Wiley & Sons.
2. Fathy, H. (1986). *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*. University of Chicago Press.
3. Alajmi, A. (2012). "Energy Analysis of a Hospital Building Using Simulation and Measured Data." *Energy and Buildings*, 47, 255–263.
4. Omer, A. M. (2008). "Green and Sustainable Energy for the Future." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(7), 1789–1821.
5. Ministry of Energy Transition and Sustainable Development of Morocco. (2023). *National Energy Efficiency Strategy*. Rabat

УДК 72:159.9

Архітектурні аспекти формування дитячих центрів соціально-психологічної підтримки в структурі територіальних громад

Architectural aspects of forming children`s centers of socio-psychological support within the structure of local communitises

Ю.О. Борщ, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова), наукові керівники С.П. Шкляр, доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова), Н.П. Сільвестрова, старший викладач (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)

Y.A. Borshch, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), scientific supervisors S.P. Shklyar, Associate Professor (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), N.P. Silvestrova, senior lecturer (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Робота присвячена аналізу архітектурних та функціональних особливостей формотворення дитячих центрів соціально-психологічної підтримки в структурі місцевих громад. У контексті сучасних викликів, спричинених війною та її наслідками, розглянуто шляхи архітектурного формування безпечних, відкритих осередків для інтеграції вразливих груп (дітей) у суспільство.

The work is dedicated to the analysis of architectural and functional specifics of the formation of children's centers of socio-psychological support formation in the structure of local communities. In the context of modern challenges caused by war and its consequences, ways of architecturally forming safe, open centers for the integration of vulnerable groups (children) into society are considered.

Соціально-орієнтована архітектура сьогодні розглядається як важливий інструмент для розвитку громадських спільнот. У процесі децентралізації, місцеві громади мають можливість самостійно планувати розвиток своїх територій і соціальної інфраструктури. Згідно зі статтею 31 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні», виконавчим органам сільських, селищних і міських рад належить організація будівництва об'єктів комунального господарства, соціальної та громадської інфраструктури, а також проведення громадського обговорення містобудівної документації. Ці повноваження створюють підґрунтя для ініціювання та втілення проєктів

дитячих центрів соціально-психологічної підтримки як складових соціальної інфраструктури локальних спільнот [1].

Дитячий центр соціально-психологічної підтримки – це спеціалізований центр, спрямований на суспільну інтеграцію і психологічну підтримку дітей, розвиток їх творчого і особистісного потенціалу, підтримку фізичного і ментального здоров'я. В архітектурному аспекті проєктування дитячих центрів соціально-психологічної підтримки вимагає аналізу функціональної структури, територіального розміщення та взаємозв'язку з навколишнім оточенням. Відсутність єдиних стандартів актуалізує потребу у визначенні ключових принципів: ергономічності та безбар'єрності, інтеграції з природним середовищем, функціонального зонування і трансформації простору під мінливі потреби користувачів [2]. В умовах війни об'єкти соціально-психологічного спрямування надають безпечні умови відвідувачам, дозволяючи їм мати можливості для навчання, соціальної активності та відновлення після травматичних подій. Тому необхідно архітектурними засобами забезпечити середовище, де діти можуть почуватися у безпеці не залежно від свого фізичного, соціального чи психологічного стану. Наприклад, наявність пандусів, ліфтів та спеціально обладнаних ігрових зон дозволяє дітям з обмеженими можливостями брати участь у фізичних активностях на рівні з іншими. Інклюзивні простори, які враховують потреби кожного, сприяють соціалізації та взаємодії. Це особливо важливо для дітей з особливими потребами, які можуть відчувати себе більш комфортно та впевнено в доступному середовищі. Важливим аспектом архітектурного формування дитячих центрів є також організація просторів для різних видів арт-терапії, а також комунікативних просторів, спрямованих на підтримку і відновлення ментального здоров'я дітей.

Таким чином, формування дитячих центрів соціально-психологічної підтримки в структурі територіальних громад є важливим напрямком розвитку соціальної інфраструктури країни в умовах воєнного та післявоєнного періоду. Вище вказані об'єкти стають центральними осередками соціальної інтеграції, адаптації та психологічної реабілітації дітей. В свою чергу, архітектурно-містобудівні рішення повинні базуватись на принципах гуманізму, екологічної доцільності, відкритості та зв'язку з природним середовищем. Отже, створення таких об'єктів є не лише архітектурним, а й соціальним завданням, спрямованим на розвиток людського потенціалу територіальних громад.

1. Верховна Рада України (1997) Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21 травня 1997р. №280/97-ВР (ред. від 31.10.2025) Відомості Верховної Ради України. 1997, №24, ст. 170 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text> 2. Кайдановська О.О, Фінагеева А.С. (2021) Архітектурні аспекти соціальної адаптації дітей із особливими психологічними потребами. Сучасні проблеми архітектури та містобудування, 61, 359-366 <http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/247826/246694>

УДК 628.144:620.9:69.059.25

Інноваційні технології та обладнання в системах транспортування води для об'єктів міського будівництва

Innovative technologies and equipment in water transportation systems for urban construction projects

О.Г. Добровольська, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), Фостащенко, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)

O.G. Dobrovolska, Ph.D., Associate Professor, (Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhia), O. M. Fostashchenko, Ph.D., Associate Professor, (Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhia)

У тезах представлено результати гідравлічного моделювання мережі транспортування води житлового району м. Запоріжжя. Визначено вплив зношення трубопроводів на втрати напору та тиск у мережі. Обґрунтовано доцільність застосування полімерних матеріалів, систем моніторингу для підвищення надійності водопостачання.

The paper presents results of hydraulic modeling of a water distribution network in a residential area of Zaporizhzhia. The influence of pipeline deterioration on head loss and network pressure is analyzed. The study substantiates the use of polymer materials and monitoring systems to improve the reliability of urban water supply.

Сучасні системи транспортування води в міському будівництві потребують модернізації у зв'язку з тривалим терміном експлуатації трубопроводів, зношенням матеріалів, збільшенням гідравлічних втрат та зниженням енергоефективності. Більшість існуючих водопровідних мереж, зокрема в містах України, експлуатуються понад 40 років і виконані з чавунних труб без внутрішнього захисного покриття, що зумовлює високий рівень корозії, появу відкладень і зменшення діаметра ефективного перерізу трубопроводу. За даними останніх досліджень, втрати води в таких системах можуть перевищувати 30 % подачі, а експлуатаційні витрати – суттєво зростати через підвищення гідравлічного опору та зниження тиску в мережі [1].

Інноваційні підходи до відновлення мереж транспортування води передбачають застосування полімерних і композитних матеріалів, технологій санації трубопроводів безтраншейними методами, а також використання енергоефективного насосного обладнання із системами автоматизованого управління. Світовий досвід демонструє, що впровадження гідравлічного моделювання і цифрового моніторингу дозволяє своєчасно виявляти дефекти

мереж, прогнозувати зони зниженого тиску та планувати реконструкцію не тільки з мінімальними економічними втратами [2].

Мета дослідження – обґрунтування напрямів відновлення і модернізації водотранспортних мереж із використанням інноваційних матеріалів та енергоефективних технологій на прикладі житлового району м. Запоріжжя. Об'єктом дослідження є мережа транспортування води, яка складається з 12 контурів, 49 вузлів і 60 розрахункових ділянок. Водопостачання здійснюється з поверхневого джерела через насосну станцію другого підйому, а трубопроводи виконані з чавуну без захисного покриття діаметром від 150 до 1600 мм.

Для обґрунтування напрямів реконструкції мережі застосовано гідравлічне моделювання, що включає проведення первинного розрахунку, моделювання зміни пропускної здатності ділянок унаслідок зношення, повторний розрахунок із уточненими параметрами та аналіз п'єзометричних позначок і вільних напорів.

Моделювання показало поступове зменшення пропускної здатності трубопроводів на 5 – 30 % у процесі експлуатації протягом 30 років. При цьому спостерігається збільшення швидкості руху води на 13 % і втрат напору внаслідок корозійних процесів і накопичення відкладень. Аналіз зон зниженого тиску свідчить про поступове збільшення їх площі, що призводить до нерівномірного розподілу тиску в мережі та ризику зниження надійності водопостачання.

Для забезпечення стабільної роботи системи запропоновано: проводити попереднє гідравлічне моделювання перед реконструкцією мережі з метою виявлення зон недостатнього напору; застосовувати труби з гідравлічно гладкою внутрішньою поверхнею (наприклад, поліетиленові або композитні); впроваджувати системи моніторингу тиску і витрат у реальному часі; використовувати енергоефективні насосні агрегати з частотним регулюванням для зниження витрат електроенергії.

Розрахунки показали, що реконструкція аварійно-небезпечних ділянок дозволяє уникнути витоків обсягом понад 2,8 млн.м³/рік, а орієнтовна економічна вигода перевищує 250 млн. грн. Це підтверджує ефективність впровадження інноваційних технологій у водопровідному господарстві міст. Гідравлічне моделювання є дієвим інструментом для оцінки технічного стану мереж транспортування води та прогнозування їх роботи при зміні експлуатаційних параметрів.

1. Rousso B. Z., Lambert M. F., Gong J. (2023). Smart water networks: a systematic review of applications using high-frequency pressure and acoustic sensors in real water distribution systems // Journal of Cleaner Production. Vol. 410. Article 137193. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137193> 2. Stefan D. S., Bosomoiu M., Teodorescu G. (2023). The Behavior of Polymeric Pipes in Drinking Water Distribution System Comparison with Other Pipe Materials // Polymers. Vol. 15, №19. Article 3872. <https://doi.org/10.3390/polym15193872>

УДК 711

Методологічні особливості урбан-аналізу приміського села Великий Омеляник

Methodological features of urban analysis of the suburban village of Velykyi Omelyanyk

О. С. Дубець, магістрант, С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

O. S. Dubets, master's student, S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Обґрунтовано пріоритети урбаністичного розвитку та методологію їх досліджень для приміського луцького села Великий Омеляник. Детальніші результати досліджень, проведених під час переддипломної практики у Науково-дослідній будівельній лабораторії ЛНТУ, магістрант О. С. Дубець опублікує у своїй кваліфікаційній роботі 2025 року.

The priorities of urban development and the methodology of their research for the suburban Lutsk village of Velykyi Omelyanyk are substantiated. More detailed results of research conducted during the pre-graduate internship at the Scientific Research Construction Laboratory of LNTU will be published by master's student O. S. Dubets in his qualification work in 2025.

Містобудівний розвиток приміських сіл України має як загальносвітові ознаки, так і свої особливості, які відображені у проведеному нами аналізі методологічних особливостей урбан-аналізу приміських територій [1-9 та ін.].

Територіальною особливістю села Великий Омеляник є його фактичне "вростання" у територію Луцька (рис. 1, за [10]) поряд з Малим Омеляником.

Така особливість дозволяє розглядати дане село як додаткову частину розвитку міської території, інфраструктури Луцька [11].

Таким чином, у даному випадку доцільно застосовувати методологію урбан-аналізу як елемент комплексного дослідження території (за методологією [1 та ін.]), використовуючи її у складі містобудівного аналізу території.

Отже, актуальним рішенням для методології урбан-аналізу приміського села Великий Омеляник є комплексний підхід, який включає різноманітні аспекти містобудівного аналізу території. Зауважимо, що магістрант О. С. Дубець завершує підготовку розгорнутих результатів містобудівного аналізу цієї території, враховуючи і за питанням, яке було

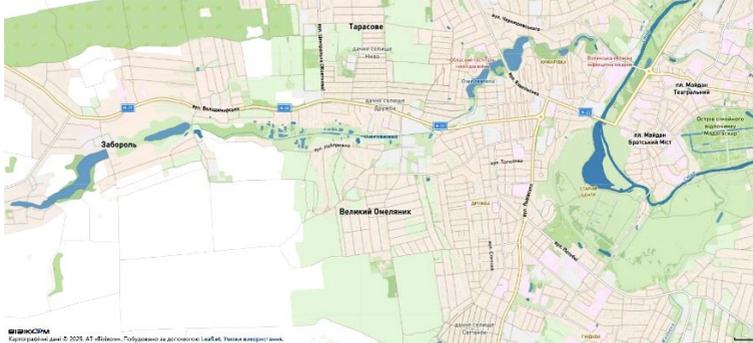


Рис. 1. Розташування села Великий Омеляник при Луцьку [10]

розглянуто темою даних тез, вони будуть викладені 2025 року у його кваліфікаційній роботі.

1. Апостолова-Сосса, Л. О. (2022). Урбан-аналіз як методологія комплексного дослідження території. *Просторовий розвиток*, 1, 3-14. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2022.1.3-14> .
2. Гел Йен. (2018). Міста для людей. Київ, Основи, 304.
3. Кольчак, О. М. (2019). Основні аспекти виділення меж міської агломерації: аналіз вітчизняних і закордонних досліджень. *Наукові записки*, 46(1), 101-111. <https://doi.org/10.25128/2519-4577.19.2.13> .
4. Лозинський Р. (2022). “Українські передмістя” як суспільно-просторовий феномен та виклики просторового планування. *Сучасні напрямки розвитку географії України: Монографія*. 282-337. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/05/Suchasni-napriamky-rozvy-heohrafiy-Ukrainy-book2022.pdf#page=283>
5. Вяткін, К. І. Приміська зона як елемент урбаністичної системи. (2020). *Комунальне господарство міст*, 3(156), 135-139. URL: <https://khges.kname.edu.ua/index.php/khges/article/view/5611> .
6. Кузнецова, Д. С., Петраковська, О. С. (2016). Приміська зона як складова урбанізованої системи. *Містобудування та територіальне планування*, 59, 250-260. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7c068198-da74-4c14-a1a0-b5cd2c96781e/content> .
7. Petrakovska, O., Kuznetsova, D. (2018). Peri-Urban Area and Particular Qualities of Land Use. *Opportunities and Constraints of Land Management in Local and Regional Development*, 145-152.
8. Синій, С. В., Крантовська, О. М., Ксьоншкевич, Л. М., Орешкович, М., Сунак, П. О. (2022). Обґрунтування споруд огороження території Луцького зоопарку з урахуванням аналізу історії урбанізації ландшафту. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 17, 138-145. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-18) .
9. Синій, С. В., Гупік, Н. В., Ксьоншкевич, Л. М., Крантовська, О. М., Ужегова О. А., Ротко, С. В. (2025). Особливості методики інтеграції інженерних мереж з тепловим насосом у будівлю в долині річки Сапалаївки у Луцьку. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 23, 285-300. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-25](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-25) .
10. АТ «Візіком». URL: <https://maps.visicom.ua/> .
11. Офіційний сайт Луцької міської ради. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/> .

УДК 72.01

Інтеграція сонячних панелей у фасади будівель

Integration of solar panels into building facades

О. П. Запара, гр. АМ-42 (Луцький національний технічний університет), В. Р. Пасічник, гр. ДГ-11 (Луцький національний технічний університет), О. С. Пасічник к. арх., доц. (Луцький національний технічний університет).

O. P. Zapara, gr. AM-42 (Lutsk National Technical University), V. R. Pasichnyk, gr. DG-11 (Lutsk National Technical University), O. S. Pasichnyk, candidate of arch., associate professor (Lutsk National Technical University).

Розглянуті різноманітні типи сонячних панелей, які інтегровані в архітектуру фасадів та проаналізовані кращі інноваційні рішення, пов'язані з їх застосуванням.

Various types of solar panels integrated into the architecture of facades are considered and the best innovative solutions related to their application are analyzed.

Архітектори та дизайнери використовують різні варіанти, щоб вбудувати сонячну панель у фасад будівлі. Наприклад, вбудовуючи панелі у фасадні елементи, створюючи унікальні геометричні композиції або застосовуючи напівпрозорі панелі для досягнення певних світло-відбивних ефектів. Вибір виду, кольору і розміщення сонячних панелей має ґрунтуватися на архітектурних особливостях і мікрокліматі об'єкта. Монокристалічні панелі відрізняються високою ефективністю перетворення сонячної енергії, але меншою гнучкістю і більш високою вартістю. Вони підходять для строгих архітектурних рішень. Полікристалічні панелі мають середню ефективність і більш доступну ціну та добре поєднуються з різноманітними архітектурними стилями. Тонкоплівкові панелі (Рис. 1) відрізняються більшою гнучкістю і легкістю, що дає змогу використовувати їх у складних архітектурних рішеннях. Рухомі сонячні панелі (трекери) (Рис. 2.) - це системи, які можуть змінювати своє положення протягом дня, щоб максимально ефективно вловлювати сонячне світло. На відміну від стаціонарних панелей, які залишаються в одній позиції, рухомі панелі слідкують за рухом сонця, щоб збільшити кількість виробленої електроенергії. Переваги рухомих сонячних панелей це підвищена ефективність, але недоліком є вища вартість та складність експлуатації. Прозорі сонячні панелі (Рис. 3.) здатні



Рис. 1. Інтернаціональний інститут менеджменту, Індія

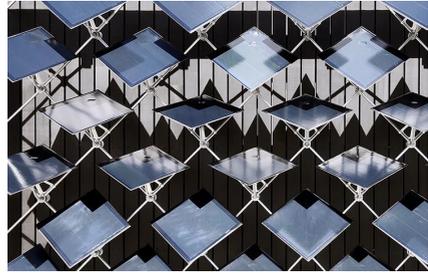


Рис. 2. ETH Zurich «Розумні фасади»



Рис. 3. Солтех - Генк, Бельгія



Рис. 4. Грати із «пікселів»

поглинати ультрафіолетове випромінювання і пропускати через себе більшу частину випромінювання інших спектрів. Такі панелі ідеально підходять для вікон, фасадів зі скла, навісів та інших архітектурних елементів, де важливо зберегти природне освітлення.

Інтеграція сонячних панелей у фасади будівель доводять, що цей підхід може не тільки генерувати енергію, а й ставати важливим архітектурним рішенням, що формує унікальний і сучасний вигляд об'єктів нерухомості (Рис. 4).

1.«Розумний фасад» <https://ecotech.news/architecture/398-u-shvejtsariji-rozrobili-rozumnij-fasad-z-rukhomikh-sonyachnikh-panelej.html> 2. Похилі сонячні панелі у стіни: <https://ecotech.news/architecture/863-pokhili-sonyachni-paneli-na-stinakh-zminyvat-viglyad-budinkiv-majbutnogo.html> 3. Кольорові сонячні панелі: <https://eco-tech.com.ua/ua/a361427-tsvetnyh-solnechnyh-panelyah.html> 4. Прозорі сонячні панелі: <https://ecotech.news/energy/889-novi-sonyachni-vikna-mozhut-povnistyuzminiti-arkhitekturu-majbutnogo.html>

УДК 72.01

Трансляція теми саду в контексті сучасної архітектури

Translation of the garden theme in the context of contemporary architecture

Д. С. Кучашвілі, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проєктування, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

D. S. Kuchashvili, Master's Degree Applicant, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), I. V. Kudryashova, Ph.D. in Architecture, Associate Professor, Department of Fundamentals of Architectural Design, (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)

Розглядається поетика саду як культурного архетипу, що зберігає символіку протягом епох і транслюється в сучасній архітектурі через просторові, сценарні та феноменологічні стратегії.

The paper examines the garden's poetics as a cultural archetype retaining symbolic depth, reinterpreted in contemporary architecture via spatial, scenographic, and phenomenological strategies.

Сад здавна є однією з найвишуканіших форм взаємодії людини й природи. Його семантика поєднує ідеї гармонії, межі та циклічності, уособлюючи водночас космос і внутрішній світ людини. Як поетичний феномен, сад виступає матеріалізацією уяви — простором, де культура структурує природу через ритуал і споглядання.

В історії він постає у багатьох образах: середньовічний *hortus conclusus* — символ замкненого раю; ренесансний — театр дії; бароковий лабіринт — метафора пізнання; романтичний пейзажний сад — місце меланхолії. У XX–XXI століттях сад знову набуває актуальності як простір внутрішньої рівноваги, як архітектурна модель гармонізації хаосу.

У сучасному проєктуванні сад транслюється не буквально, а через системи знаків і переживань:

- семантичні коди (рай, межа, ритуал);
- планувальні принципи (поріг, камерність, ізоляція);
- сценарії руху (лабіринт, проходження, споглядання);
- феноменологічні аспекти (світло, тиша, матеріальність).

Такі підходи можна визначити як поетичну трансляцію саду — коли архітектура не наслідує форму, а втілює досвід і атмосферу.

Показовим прикладом є Serpentine Pavilion 2011 Петера Цумтора з садом Піта Удольфа. Проект інтерпретує hortus conclusus як «сад усередині саду» — місце тиші й концентрації. Темна оболонка приховує світлу серцевину, створюючи простір споглядання, відокремлений від міста. Сенсорність і духовність замінюють декоративність, перетворюючи сад на архітектуру медитації.

Інший приклад — El Jardín de los Senderos que se Bifurcan (Beals & Lyon, Чилі), що переосмислює бароковий лабіринт як простір гри й дослідження. Замість партера — кукурудзяні зарості, замість осі симетрії — дерев'яні стежки. Лабіринт стає живою системою, яка реагує на рух і час, підкреслюючи мінливість сучасного публічного простору.

У Yi Garden II (Studio Zhu Pei, Китай) образ східного рокарію передано через «зелені скелі» в бетонному каркасі. Тут архітектура і природа взаємно проростають, формуючи досвід споглядання й тілесної присутності.

У цих об'єктах сад постає не як мотив, а як спосіб мислення. Його архетипи — межа, поріг, рух, світло — утворюють нові феноменологічні простори. Трансляція теми саду в сучасній архітектурі свідчить про постійний діалог культури й природи.

Сад залишається універсальною моделлю поетичного мислення про простір, здатною змінювати форми, зберігаючи сутність — місце спокою, гри та споглядання у мінливому світі.

1. Moore, C. W., Mitchell, W. J., Turnbull, W. Jr. (2004). The Poetics of Gardens. https://books.google.com.ua/books?hl=en&lr=&id=wnKiKy9_2u4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=garden+poetics&ots=AgDHP4EPGb&sig=5oUyUdtSh0LZR5Q_aWNeFpgecc&redir_esc=y#v=onepage&q=garden%20poetics&f=false
2. Dezeen. (2011). Serpentine Gallery Pavilion 2011 by Peter Zumthor. <https://www.dezeen.com/2011/06/27/serpentine-gallery-pavilion-2011-by-peter-zumthor-2/>
3. Museum of Modern Art. (n.d.). Slideshows: 167/2113. <https://www.moma.org/slideshows/167/2113>
4. Studio Zhu Pei. (n.d.). Projects. <http://www.studiozhupei.com/en/show/?id=430&page=1&siteid=1>

УДК 712.2

Формування блакитно-зеленої інфраструктури в країнах Європейського Союзу

Formation of blue-green infrastructure in the countries of the European Union

І. Е. Линник, д.т.н., професор (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків), Є. С. Ковтун, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)

I. E. Linnyk, D.Sc. in Engineering, Professor (O. M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv, Kharkiv), E. S. Kovtun, student (O. M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv, Kharkiv)

Розглянуто деякі приклади організації блакитно-зеленої інфраструктури в країнах Європейського Союзу. Зазначено її функції у регулюванні водного балансу, пом'якшенню наслідків зміни клімату, створенні комфортного міського середовища.

Some examples of the organization of blue-green infrastructure in the countries of the European Union are considered. Its functions in regulating the water balance, mitigating the effects of climate change, and creating a comfortable urban environment are indicated.

Блакитно-зелена інфраструктура є поєднанням природних і напівприродних елементів у міському середовищі – парків, водоймищ, річкових заплавл, зелених дахів, дренажних систем тощо, які забезпечують екосистемні послуги та підвищують стійкість міст до зміни клімату. Ці елементи сприяють регулюванню водного балансу, пом'якшенню наслідків спеки та покращують якість міського середовища.

Ідея блакитно-зеленої інфраструктури виникла як відповідь на деградацію природного середовища в урбанізованих зонах. Цю модель, як частину переходу до природоорієнтованих рішень, активно просуває Організація Об'єднаних Націй. Організація вважає їх ключовим інструментом адаптації до зміни клімату та зменшення ризиків стихійних лих.

Елементи блакитно-зеленої інфраструктури використовуються у містах для вирішення низки екологічних та соціальних проблем. Європейські дослідження наголошують на значенні рослинного покриву, площі зелених зон та методів управління для підвищення ефективності блакитно-зеленої інфраструктури [1]. У Рамковій програмі міської мобільності Європейського

Союзу пропонується використовувати міські водні шляхи в Транс-європейській транспортній мережі [2].

Європейський підхід до вирішення завдань очищення та відновлення природних водотоків на міських територіях представлено у проєкті «Водний план міста Антверпена, Бельгія» [3].

В екологічних кварталах річки От-Дель у Ліллі є ряд штучних «водних садів», які підтримують природні процеси в місцевій водній системі (рис. 1) [4].

Основна мета глобальних екологічних ініціатив Чехії «Зелений спадок Чехії», «Зелене майбутнє», «Злиття» зосереджена на масштабному відновленні лісів і річок, модернізації енергетичної інфраструктури та розвитку сталого сільського господарства. Крім цього, країна приділяє чимало уваги відновленню річок, захисту біорізноманіття через загальну охорону природи та мережу природоохоронних територій, таких як національні парки та ландшафтні заповідники [5].

Барселона (Іспанія) створила «суперблоки» – квартали, де транспорт винесли на периметр, а всередині панують дерева, тиша й місцеві громади. При цьому трафік зменшився на 60 %, шум – на 7 децибел, забруднення повітря – на 42 %. [5]

У Парижі (Франція) знімають асфальтобетон біля шкіл, перетворюючи розпечені подвір'я на оази з травами та водопроникними покриттями. Місто системно зменшує «теплову пляму», що робить простір безпечнішим [5].

Таким чином, розвиваючи елементи блакитно-зеленої інфраструктури, сучасні міста можуть підвищити стійкість до зміни клімату, створити більш комфортне для життя середовище. Для України, яка переживає війну й готується до післявоєнного відновлення, концепція блакитно-зеленої інфраструктури є стратегічно важливою.

1. Луїс Валенса Пінто, Мігель Інасіо, Паулу Перейра. Внесок зеленої та блакитної інфраструктури та міських природоорієнтованих рішень у добробут і здоров'я людини та довкілля. URL:

<https://academic.oup.com/ooih/article/doi/10.1093/ooih/ouad004/7322050#427316289>.

2. Urban mobility and accessibility. URL: https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes-eu-cities/urban-mobility-and-accessibility_en.

3. De Urbanisten. Waterplan Antwerp, Belgium. URL:

<http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplan-antwerp>.

4. Haute Deule River Banks sustainable district in Lille. URL: <https://www.brueidelmar.fr/en/project/17/haute-deule-river-banks-sustainable-district-in-lille/>.

5. Юлія Коробець Блакитно-зелені простори: між війною, кліматом і Європою. URL: <https://vidnova.info/blue-green-spaces-zp.html>.

УДК 006.91

Роль і значення метрології в сучасному будівництві

The role and importance of metrology in modern construction

В. Є. Левандовський, здобув. вищої освіти (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), Р. І. Розум, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), М. Я. Шпінталь, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)

V. E. Levandovsky, higher education student (West Ukrainian National University, Ternopil), R. I. Rozum, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (West Ukrainian National University, Ternopil), M. Ya. Shpintal, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (West Ukrainian National University, Ternopil)

У роботі розглянуто значення метрології в будівництві як основи забезпечення точності вимірювань, контролю якості та надійності будівельних процесів, описано роль вимірювань у забезпеченні безпеки споруд, підвищенні ефективності технологічних процесів і раціональному використанні ресурсів.

The paper examines the importance of metrology in construction as the basis for ensuring measurement accuracy, quality control, and reliability of construction processes, and describes the role of measurements in ensuring the safety of structures, increasing the efficiency of technological processes, and rational use of resources.

Метрологія є однією з найважливіших галузей технічних знань, без якої неможливо уявити сучасне будівництво [1-3].

Метрологія охоплює всі процеси, пов'язані з вимірюваннями, контролем точності, калібруванням приладів та забезпеченням достовірності отриманих результатів.

У будівельній сфері метрологія має особливе значення, адже від точності вимірювань залежить не лише якість виконаних робіт, а й надійність і безпека споруд, що зводяться. Це пояснюється тим, що будівництво є складним комплексом робіт, який включає проектування, підготовку, зведення, монтаж, контроль і експлуатацію будівельних об'єктів. На кожному з цих етапів застосовуються різноманітні вимірювальні операції. Від правильності визначення відстаней, висот, площ, об'ємів та геометричних параметрів конструкцій залежить точність реалізації проектних рішень.

Метрологія допомагає встановити єдині вимоги до точності вимірювань, забезпечити узгодженість результатів і виключити помилки, що можуть спричинити дефекти або аварійні ситуації. Особливу увагу в будівництві

приділяють контролю геометричних параметрів конструкцій. Вимірювання проводяться для перевірки відхилень від проектних розмірів, точності з'єднань елементів, площинності, прямолінійності та симетрії, оскільки навіть незначні похибки можуть призвести до порушення геометрії споруди, тому правильність і точність цих вимірювань мають вирішальне значення.

У процесі експлуатації будівель метрологія застосовується для вимірювання параметрів мікроклімату – температури, вологості, тиску, рівня освітлення, шуму, вібрацій. Такі спостереження дозволяють підтримувати комфортні та безпечні умови перебування людей у приміщеннях, а також контролювати стан будівельних конструкцій.

Метрологічне забезпечення поширюється і на контроль інженерних систем – електричних, теплових, водопровідних та вентиляційних. Вимірювання витрат енергії, води чи газу сприяє раціональному використанню ресурсів і впровадженню енергоефективних технологій.

Роль метрології в будівництві важко переоцінити. Вона є основою системи контролю якості, що дозволяє забезпечити точність будівельно-монтажних робіт, запобігти браку та аваріям, підвищити довговічність і надійність споруд.

Метрологічні вимоги сприяють оптимізації технологічних процесів, раціональному використанню матеріалів і ресурсів, а також створенню умов для ефективного управління будівництвом на всіх його етапах.

Таким чином, метрологія у будівництві виконує не лише контрольну, а й забезпечувальну функцію. Вона поєднує наукові принципи з практичними методами вимірювання, сприяє підвищенню технічного рівня галузі та формує основу для впровадження сучасних інноваційних технологій у проектуванні, спорудженні та експлуатації будівель і споруд.

1. Розум, Руслан. Проблеми метрологічного забезпечення геодезичних робіт. Економічна експертиза та землевпорядкування: зб. матеріалів доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 18 грудня 2020 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 144-145. <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/41289> 2. Розум, Руслан. Метрологічна діяльність в землеустрої [Текст] / Руслан Розум, Микола Бурак // Перспективи розвитку науки і бізнесу в глобальному середовищі: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. [м. Тернопіль, 20 трав. 2020 р.] / редкол. : П. Р. Пуцентейло, Р. Ф. Бруханський, Н. П. Чорна [та ін.], відп. за вип. П. Р. Пуцентейло. - Тернопіль : ТНЕУ, 2020. - С. 57-58. <http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/38027> 3. Розум Р.І., Бурак М.В., Вітровий А.О., Волошин Р.В. Геодезія та землеустрої: монографія; за заг. ред. Р.І. Розума. – Тернопіль: ТНЕУ, 2020. 118 с. <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/41191>

УДК 620.92

Відновлювані енергоресурси у міському будівництві України

Renewable energy resources in urban construction in Ukraine

Ляхач Е. І., студентка, Смаль М. В., к. т. н., доц., Дзюбинська О. В., к. е. н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Lykhach E. I., student, Smal M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Dzyubynska O.V., Doctor of Economics, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Проаналізовано і досліджено основні джерела відновлюваної енергії, що можуть бути використані в урбанізованому середовищі. Визначено переваги, проблеми та перспективи інтеграції таких технологій у житлове та громадське будівництво.

The main sources of renewable energy that can be used in urban environments have been analyzed and researched. The advantages, problems, and prospects of integrating such technologies into residential and public construction have been identified.

Сучасний етап розвитку міського будівництва в Україні характеризується переходом до енергоощадних технологій та розширеним використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зростання цін на традиційні енергоресурси, глобальні кліматичні зміни, вимоги декарбонізації та інтеграції України до європейського енергетичного простору зумовлюють необхідність переорієнтації будівельної галузі на «зелені» технології. Використання сонячної, вітрової, геотермальної, біоенергетичної та теплової енергії доквілля дає можливість суттєво знизити енергоспоживання будівель та підвищити їхню автономність. Це завдання є особливо актуальним для України, яка перебуває на етапі активної відбудови та модернізації міської інфраструктури.

Використання сонячних панелей у будівництві стає все більш поширеним явищем. Сучасні технології дозволяють встановлювати фотоелектричні системи, навіть на дахах багатоповерхівок, що забезпечує часткове або повне енергозабезпечення будинку. Крім того, зростає популярність теплових насосів, які використовують тепло землі, повітря або води для обігріву приміщень, що значно знижує витрати енергії та викиди вуглецю.

Ще одним важливим напрямом є впровадження систем збору дощової води. Такі технології дозволяють зменшити навантаження на міські каналізаційні мережі, забезпечити полив зелених зон або технічні потреби будівель без додаткового використання питної води.

Особливої уваги заслуговує концепція “розумних енергомереж” (smart grids) показана на рис. 1., що забезпечує оптимальне розподілення енергії між споживачами, враховуючи пікові навантаження і можливості локальної генерації. Використання цифрових технологій у поєднанні з відновлюваними джерелами енергії відкриває нові можливості для енергоефективного розвитку міст.

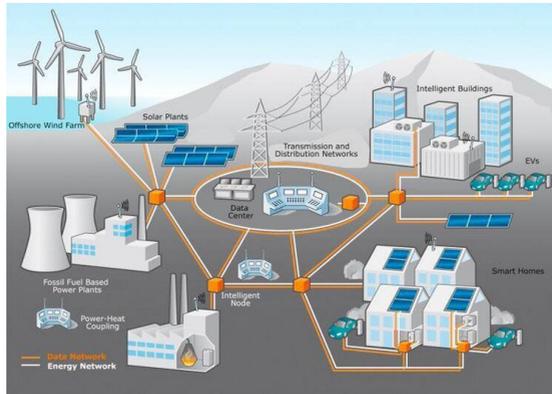


Рис. 1. Концепція “розумних енергомереж” (smart grids)

Важливим чинником у впровадженні відновлюваних джерел є не лише економічна вигода, а й екологічний ефект – зменшення рівня викидів CO₂, поліпшення якості повітря та створення комфортного середовища для життя. Світовий досвід доводить, що інвестиції в «зелену» енергетику швидко окупаються, сприяють підвищенню енергетичної незалежності та зниженню вартості експлуатації будівель.

Для України інтеграція таких технологій є перспективним напрямом розвитку міського будівництва. Відновлювані енергоресурси не лише забезпечують стабільне енергопостачання, але й формують нову архітектурну культуру, що базується на принципах гармонії з природою та відповідального ставлення до довкілля.

1. ДБН В.1.2-11:2021 "Енергозбереження та енергоефективність". https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/2846641320083064610/2022-05-26/801284d7-82d6-434a-9cfa-4f5a153e5325.pdf
2. "Відновлювані джерела енергії" <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/monograph2024.pdf>
3. ДБН В.2.2-12:2019 "Планування та забудова територій". https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022049262482490756/2023-01-23/48e9d4c6-d7fd-470f-b04e-d791c5982967.pdf

УДК 69.059.4

Оптимізація енергоефективності та якості повітря у приміщеннях під час проектування будівель

Optimisation of energy efficiency and indoor air quality during building design

Москвітінна А.С., к.т.н., доц. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Moskvitina A.S., Ph.D., Associate Professor (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

У роботі розглянуто активні зелені стіни (AGW) як інноваційне та енергоефективне доповнення традиційній механічній вентиляції для оптимізації мікроклімату та якості повітря в університетських аудиторіях.

The paper considers active green walls (AGW) as an innovative and energy-efficient addition to traditional mechanical ventilation for optimising the microclimate and air quality in university lecture halls.

Енергоефективність та якість повітря в приміщеннях є найважливішими компонентами сталого проектування будівель, де системи вентиляції та кондиціонування повітря відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту мешканців. У такому кліматі необхідно проектувати будівлі, що мінімізують споживання енергії та підтримують комфортне внутрішнє середовище, зазвичай від 24°C до 26°C та відносну вологість від 40% до 60% [1]. В освітніх установах, особливо в університетських аудиторіях, основне споживання енергії припадає на системи вентиляції та кондиціонування повітря, на частку якого припадає понад 55% загального обсягу енергії, що використовується в будинках. Протягом шкільних днів учні проводять близько 70% часу в приміщенні, що призводить до підвищення рівня CO₂, рівень якого часто перевищує допустимі норми [2].

Традиційні рішення, такі як збільшення інтенсивності вентиляції, можуть покращити якість повітря, але часто вимагають великих витрат енергії та засобів [3]. Інноваційною альтернативою є використання зелених стін, зокрема систем активних зелених стін (AGW), які показали свою ефективність у зниженні концентрації CO₂ та поліпшення якості повітря в приміщеннях без високих витрат енергії, пов'язаних з механічною вентиляцією [4]. Дослідження показують, що зелені стіни можуть допомогти знизити температуру в приміщеннях, додатково сприяючи підвищенню енергоефективності, що

доповнює традиційну вентиляцію приміщення, зменшуючи навантаження на неї впродовж світлового дня. Вночі рослини «дихають», тож виділяють CO₂, тому необхідно провітрювати приміщення за допомогою механічної вентиляції.

У класах та аудиторних приміщеннях часто зустрічаються підвищені рівні CO₂ через недостатню вентиляцію, що може призвести до зниження когнітивних здібностей та дискомфорту. Використання зелених стін для підвищення якості повітря в приміщенні за рахунок поглинання CO₂ знижує залежності від штучної вентиляції, що знижує споживання енергії [5]. Активні зелені стіни (AGW) продемонстрували найбільш значне покращення, заощадивши від 23% до 29% енергії порівняно з варіантом без зелених стін, а також скоротивши концентрацію CO₂ на 35%. Пасивні зелені стіни (PGW) забезпечили помірну економію енергії від 1% до 14% залежно від конфігурації. Дві активні зелені стіни із рослинами епіпремному золотистого виявилися оптимальним рішенням для навчальних класів, покращуючи якість повітря та знижуючи споживання енергії на 26% [6].

Аналіз даних показав, що концентрація CO₂ збільшувалася на початку занять та знижувалася до кінця. Експеримент із NGW та включенням витяжного вентилятора показав найкращий контроль рівня CO₂. Це може знизити середній рівень концентрації CO₂ від 1158 ppm до 732 ppm. А окремі установки AGW, які можуть знизити середній рівень концентрації CO₂ від 1158 ppm до 735 ppm.

1. James, A.; Rene, E.R.; Bilyaminu, A.M.; Chellam, P.V. Advances in Amelioration of Air Pollution Using Plants and Associated Microbes: An Outlook on Phytoremediation and Other Plant-Based Technologies. *Chemosphere* 2024, 358, 142182. 10.1016/j.chemosphere.2024.142182 2. Samudro, G.; Samudro, H.; Mangkoedihardjo, S. Healthy Building Phytoarchitecture Requires Essential Criteria for Sustainable Phylloremediation of Contaminated Indoor Air. *Int. J. Adv. Appl. Sci.* 2024, 13, 662. 10.30537/ijaa.v13i4.662 3. Attia, Y.A.; Ezet, A.E.; Saeed, S.; Galmed, A.H. Nano Carbon-Modified Air Purification Filters for Removal and Detection of Particulate Matters from Ambient Air. *Sci. Rep.* 2024, 14, 621. 10.1038/s41598-023-51000-0 4. Tkachenko, T.; Shkuratov, O.; Fazil oğlu Qasimov, A.; Mileikovskiy, V.; Moskvitina, A.; Konovaliuk, V.; Kravchenko, M.; Trach, Y.; Pryshecha, A.; Trach, R.; et al. Gas Exchange Research on Plant Layers of Green Structures and Indoor Greening for Sustainable Construction. *Sustainability* 2025, 17, 3467. <https://doi.org/10.3390/su17083467> 5. Tkachenko, Tetiana, et al. "Problems of standardising illumination for plants in greenhouses and green structures." *22nd International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": proceedings:[Jelgava, Latvia], May 24-26, 2023.* 2023. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF204 6. Taemthong, Wannawit, and Itthi Plitsiri. "Optimizing Energy Efficiency and Indoor Air Quality in Building Design for Hot and Humid Climates." *5th Asia Environment and Resource Engineering Conference (AERE 2024)*, vol. 612, art. 02003, 2025, pp. 1-9. E3S Web of Conferences, doi:10.1051/e3sconf/202561202003.

УДК 711.4:711.2

Тимчасові інтервенції в індустріальних зонах як етап ревіталізації

Temporary interventions in industrial areas as a stage of revitalization

Ніколаєнко А. С., студентка другого курсу магістратури (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків), Ремізова О. І., доктор архітектури, професор кафедри основ архітектурного проектування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)

Nikolaienko A. S., master's student (Kharkiv National University of Urban Economy named after O. M. Beketov, Kharkiv), Remizova O. I., Doctor of Architecture, Professor of the Department of Fundamentals of Architectural Design (Kharkiv National University of Urban Economy named after O. M. Beketov, Kharkiv)

У тезі розглядається роль тимчасових архітектурних інтервенцій у процесі ревіталізації індустріальних територій сучасного міста. Показано, що такі втручання є ефективним інструментом активації занедбаних просторів, дозволяють протестувати потенційні функції, залучити громаду та сформувати нову міську ідентичність.

The thesis examines the role of temporary architectural interventions in the revitalization of industrial areas of a modern city. It is shown that such interventions are an effective tool for activating neglected spaces, allowing testing potential functions, engaging the community, and forming a new urban identity.

Сучасні міста стикаються з проблемою наявності великих площ занедбаних промислових територій, які втрачають своє початкове функціональне призначення і перетворюються на «мертві зони» у міській тканині. Водночас саме ці території мають потужний потенціал для розвитку нових центрів міського життя. Проте процес їхньої повної ревіталізації є тривалим, складним і фінансово затратним. У таких умовах ефективним інструментом перетворення постіндустріальних зон стають тимчасові архітектурні інтервенції - швидкі, адаптивні та соціально активні рішення, що дозволяють розпочати трансформацію простору ще до реалізації масштабних проектів реконструкції.

Тимчасові інтервенції - це архітектурні, просторові або соціальні втручання, створені для тимчасового функціонування, що спрямовані на відновлення активності у занедбаних міських зонах. Вони можуть реалізовуватися у вигляді мобільних павільйонів, рор-уп просторів, культурних платформ, освітніх майданчиків або тимчасових парків. Головне завдання таких

втручань полягає не лише у фізичному оновленні простору, а й у його соціальній реактивації - поверненні людей, подій і взаємодій у середовище, яке втратило свою функціональність.

У практиці сучасного містобудування тимчасові інтервенції розглядаються як інструмент «м'якої трансформації» простору. Їхня перевага полягає у можливості поступового освоєння території, апробації майбутніх функцій і залученні громадськості до процесу перетворення. Вони сприяють виявленню потенційних сценаріїв розвитку території, перевірки попиту на певні функції та формуванню нового образу місця.

Показовими прикладами успішного застосування цього підходу є ревіталізація території колишнього аеропорту Tempelhof Feld у Берліні, де завдяки серії тимчасових проектів територія стала відкритим громадським простором, а також ініціативи у межах харківського проекту «Механіка», що трансформували індустриальні корпуси через культурні події та арт-резиденції. У обох випадках тимчасові втручання стали не просто перехідним етапом, а каталізатором сталих урбаністичних процесів.

Таким чином, тимчасові архітектурні інтервенції можна розглядати як ефективний початковий етап ревіталізації індустриальних територій. Вони активізують простір, формують позитивний імідж місця, залучають інвестиції й створюють базу для сталого розвитку. Гнучкість і експериментальність таких рішень дозволяють адаптувати їх до конкретного міського контексту, зберігаючи автентичність промислового середовища та водночас відкриваючи нові можливості його використання. У результаті тимчасові інтервенції стають не просто перехідним явищем, а каталізатором глибших урбаністичних перетворень, що поєднують архітектуру, культуру і соціальну динаміку в єдину стратегію відродження міста.

1. Cotić, T., & Lah, L. (2016). Temporary use of space as a factor in the revitalisation of brownfield sites in urban areas. IGRA USTVARJALNOSTI – Teorija in praksa urejanja prostora, 4(2016), https://www.iu-cg.org/paper/2016/IU_CG_04-2016_cotic.pdf?utm_source=chatgpt.com 2. Future Landscapes Design + Visualization Inc. (2022). Tempelhofer Feld. <https://futurelandscapes.ca/tempelhofer-feld> 3. Вікторія Льницька – студентка 5 курсу заочного відділення кафедри журналістики. “Арт-завод Механіка. Інша земля”. Простір для проведення подій. <https://www.kafedrajourn.org.ua/media/2320>

Енергоефективність у будівництві

Energy efficiency in construction

Погребський А.В., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

Pohrebskyi A.V., student, Smal M.V., Ph.D., Assoc. Prof., Dzyubynska O.V., Ph.D., Assoc. Prof. (Lutsk National Technical University, Lutsk)

У роботі висвітлено значення енергоефективності в міському будівництві та господарстві. Розглянуто основні напрями зниження енергоспоживання, використання сучасних технологій і нормативні вимоги. Підкреслено роль енергоощадних заходів у підвищенні якості життя та сталому розвитку міст.

The work highlights the importance of energy efficiency in urban construction and economy. The main directions of reducing energy consumption, the use of modern technologies and regulatory requirements are considered. The role of energy-saving measures in improving the quality of life and sustainable development of cities is emphasized.

Енергоефективність у міському будівництві та господарстві виступає ключовим чинником сучасного розвитку міст та міст-систем, адже вона забезпечує не лише раціональне використання енергетичних ресурсів, але й підвищує якість життя мешканців, створює передумови для зменшення екологічного навантаження і посилення енергетичної незалежності

Аналізуючи проблематику, варто відзначити, що житлово-комунальна інфраструктура багатьох українських міст характеризується високим рівнем втрат енергії, застарілими будівлями з низькими показниками теплоізоляції та великими витратами на опалення і електроенергію. Вивчення показників споживання свідчить про те, що резерви енергозбереження в житловому секторі України можуть досягати 50-70 % при впровадженні сучасних технологій утеплення, модернізації мереж і застосуванні автоматизованих систем управління енергоспоживанням. На рівні нормативного регулювання ключовим документом є ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», який встановлює мінімальні вимоги до теплотехнічних показників будівель та їх енергетичних характеристик. Оновлені норми дали змогу підвищити вимоги з опору теплопередачі та зменшити допустимі втрати через огорожувальні конструкції. Разом з цим, впровадження енергоефективних рішень у містах охоплює не лише конструктивну теплоізоляцію, а й комплексне переоснащення інженерних систем: модернізацію теплових мереж, заміну

освітлення, впровадження систем «розумного» міста, застосування відновлюваних джерел енергії.

Так, оцінка потенціалу показала, що модернізація житлового сектору дає значний ефект у скороченні споживання. Відповідаючи безпосередньо на тему, можна констатувати, що енергоефективність у міському будівництві та господарстві – це системний підхід, який вимагає поєднання нормативно-технічних заходів, модернізації інфраструктури та змін поведінкових моделей.

На етапі будівництва чи реконструкції житлових і громадських об'єктів важливо враховувати орієнтацію будинку, допустимі показники теплопередачі, застосування енергоощадних вікон і утеплення, а також інтеграцію сучасних систем вентиляції, рекуперації і управління.

У сфері міського господарства це означає модернізацію тепломереж, переходи на локальні теплові пункти, використання сонячних панелей, а також впровадження освітлення та систем управління, що реагують на навантаження. Виконання цих заходів дозволяє створити міське середовище, яке економить енергію, є екологічно безпечним і комфортним для мешканців. З огляду на чинні нормативи, зокрема ДБН В.2.6-31:2021, проектування та експлуатація будівель у міській забудові повинні враховувати вимоги до теплотехнічних характеристик, герметичності, повітропроникності та енергоспоживання.

У перспективі реалізація енергоефективних заходів вимагає координації з муніципальними програмами, законодавчими ініціативами та залученням інвестицій, оскільки лише комплексний підхід гарантує значний ефект. У підсумку можна стверджувати, що реалізація енергоефективності в міському будівництві та господарстві є не опцією, а необхідністю для сучасних міст, які прагнуть до сталого розвитку, енергетичної автономії та підвищення якості життя громадян.

1. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_6-31-2021.pdf
2. Updated norms of DBN V.2.6-31:2021 – Eurobud. <https://eurobud.ua/en/updated-norms-of-dbn-b-2-6-312021/>
3. Scientific article: “Energy efficiency of buildings in the cities of Ukraine under” <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778821002310>
4. Sustainable rebuilding of Ukrainian cities: Good practices. https://monitor.eurocities.eu/wp-content/uploads/2024/05/Eurocities_Toolkit_Ukraine_final.pdf

УДК 528

Містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад

Urban planning and architectural aspects of the development of territorial communities

Синицька Н.О., студент, Смал М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смал О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)

Synytska N.O., student, Smal M., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Dzyubynska O.V., Doctor of Economics, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), Smal O.V. (Technical Vocational College of National Technical University, Lutsk)

Проаналізовані основні принципи дослідження містобудівних та архітектурних аспектів розвитку територіальних громад - комплексність, сталий розвиток, історико-культурна спадкоємність, функціональна доцільність, доступність та інклюзивність середовища.

The main principles of the study of urban planning and architectural aspects of the development of territorial communities are comprehensiveness, sustainable development, historical and cultural continuity, functional expediency, accessibility and inclusiveness of the environment.

Розвиток територіальних громад є одним із ключових напрямів сучасної державної політики України, особливо в умовах децентралізації. Передача значних повноважень органам місцевого самоврядування відкриває можливості для самостійного планування розвитку територій, залучення інвестицій, реалізації місцевих проєктів та формування комфортного середовища для мешканців. У цих процесах особливе значення набувають містобудівні та архітектурні аспекти, які визначають якість простору, у якому живуть люди, а також його відповідність сучасним соціальним, економічним і екологічним викликам.

Містобудівні аспекти охоплюють комплекс заходів, спрямованих на раціональне використання територій, удосконалення планувальної структури населених пунктів, розвиток транспортної, соціальної та інженерної інфраструктури. Основне завдання полягає у створенні збалансованого середовища, яке поєднує житлові, громадські, промислові та рекреаційні зони, забезпечуючи комфортні умови для життя, праці та відпочинку.

Під час розроблення містобудівної документації важливо враховувати історично сформовану структуру населених пунктів, природно-ландшафтні особливості території, водночас адаптуючи простір до сучасних потреб громади.

Значна увага приділяється транспортній доступності, організації пішохідних і велосипедних маршрутів, розвитку громадського транспорту та створенню безпечних умов дорожнього руху.

Також містобудівний розвиток повинен базуватися на принципах сталості та інтегрованого планування, коли рішення приймаються не лише з огляду на сьогоденні потреби, а й із урахуванням довгострокових наслідків для навколишнього середовища, економіки та соціальної сфери. Збалансоване планування сприяє економічному зростанню громад, приваблює інвесторів та підвищує рівень життя населення.

Архітектурні аспекти розвитку спрямовані на формування гармонійного, естетично привабливого та функціонально зручного середовища. Архітектура є не лише мистецтвом проєктування будівель, а й інструментом вираження культурної ідентичності громади. Саме завдяки архітектурі створюється образ міста чи села, його унікальний характер і привабливість.

Сучасна архітектура має поєднувати інноваційні технології з національними традиціями будівництва, зберігаючи історико-культурну спадщину. Адаптація старих будівель до нових функцій, реставрація архітектурних пам'яток, створення публічних просторів, парків і площ формують позитивний імідж громади та підвищують її туристичний потенціал. Важливу роль відіграє також доступність архітектурного середовища - забезпечення умов для вільного пересування всіх категорій населення, зокрема людей з інвалідністю.

Сучасні тенденції містобудівного та архітектурного розвитку територіальних громад тісно пов'язані з концепцією сталого розвитку. Це означає впровадження енергоефективних технологій у будівництві, використання екологічно чистих матеріалів, розвиток «зелених» зон, впровадження систем очищення повітря й води, раціональне використання земельних ресурсів. Зростає роль громадських просторів - скверів, набережних, культурних центрів, які сприяють соціальній взаємодії та покращують психологічний комфорт мешканців. Акцент робиться і на цифровізації процесів - застосуванні систем «розумного міста» (Smart City), які дозволяють ефективно управляти інфраструктурою, транспортом і комунальними ресурсами. Це забезпечує більш прозору та ефективну взаємодію між владою і громадянами.

Отже, містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад є взаємодоповнюючими елементами єдиного процесу. Їх гармонійне поєднання дає змогу створювати комфортне, безпечне та естетично привабливе середовище, сприяє підвищенню якості життя, розвитку економіки, збереженню культурної спадщини та екологічної рівноваги. Раціональне планування і продумана архітектура є запорукою сталого розвитку та конкурентоспроможності сучасних українських громад.

УДК 628.2

Напрямки впровадження станцій очищення води для громадських будівель Луцької громади

Directions for implementing water treatment stations for public buildings of the Lutsk Community

**С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний
університет, Луцьк)**

**S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National
Technical University, Lutsk)**

*Обґрунтовано пріоритети впровадження очисних станцій для покращення
якості питного водопостачання громадських будівель Луцької громади.*

*Priorities for implementing treatment stations to improve the quality of drinking water
supply to public buildings of the Lutsk Community are substantiated.*

Проблема покращення якості води для потреб питного водопроводу житлових та громадських будівель характерна для більшості міст України з системами централізованого водопостачання. Аналіз [1-4 та ін.] показав, що попри дотримання нормативних показників якості питної води на виході з міських очисних споруд, така вода не завжди відповідає сучасним вимогам споживачів. Поширеними причинами є: забруднення води іржею на старих (понад 20 років) ділянках систем централізованого водопостачання і внутрішнього водопроводу (особливо – водопроводів зі сталі та чавуну, які слід замінювати на сучасні матеріали), недостатня автоматизація та інтелектуалізація режимів роботи таких систем, а також – особливості показників якості води природніх джерел (так, у системі централізованого водопостачання Луцька – переважно надмірної жорсткості підземних вод).

Актуальним рішенням для комунальних закладів Луцької громади є впровадження станцій очищення води на 2000 л/добу, пріоритетом мають бути дитячі заклади – школи та лікарні. Такі проекти за підтримки UNICEF спільно з КП «Луцькводоканал», Луцькою міськрадою [1, 2] реалізують у 2025 році у 16 школах (42 % шкіл) і дитячій поліклініці Луцької міськради.

1. Офіційний сайт Луцької міської ради. URL: <https://www.lutskrada.gov.ua/> . 2. Офіційний сайт КП «Луцькводоканал». URL: <https://vd.lutsk.ua/> . 3. Синій, С. В. (2017). Напрямки розвитку технологій моніторингу в системах водопостачання міста Луцька. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 7, 227-232. 4. Hamilton, S. et al. (2021). Improving Water Supply Networks: Fit for Purpose Strategies and Technologies. *IWA Publishing*, 103.

УДК 628.2

Перспективи впровадження очисних споруд каналізації у селах Луцької громади

Prospects for the implementation of sewage treatment plants in the villages of the Lutsk community

С. В. Синій, к.т.н., доцент, В. І. Формазюк, студент, Ю. М. Сенік, студентка, О. А. Лук'янюк, студент, З. В. Драганчук, студентка, Д. О. Смаль, студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. V. Synii, Ph.D. in Eng., Associate Professor, V. I. Formaziuk, student, Yu. M. Senyk, student, O. A. Lukianiuk, student, Z. V. Drahanchuk, student, D. O. Smal, student (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведено перспективи впровадження локальних очисних споруд каналізації на прикладі сіл Боголюби, Забороль, Жидичин Луцької громади.

The prospects for the implementation of local sewage treatment plants are presented using the example of the villages of Bogolyuby, Zaborol and Zhydychyn of the Lutsk community.

Характерною для багатьох малих населених пунктів в Україні є проблема їх каналізування і централізованого водовідведення [1 та ін.]. Проведений, за участю членів студентського наукового гуртка "Інженерні мережі у будівництві" при кафедрі БЦІ ЛНТУ, аналіз стану даної проблеми у малих населених пунктах Луцької громади підтвердив актуальність потреби її вирішення.

Для цього зокрема пропонується влаштування локальних очисних споруд каналізації, що детально розглянуто на прикладі сіл Боголюби (851 мешканець), Забороль (1346 мешканців), Жидичин (1396 мешканців) Луцької громади. Ці очисні споруди доцільно встановлювати на відносно великих об'єктах громадської забудови сіл (перевага повинна надаватись об'єктам, що належать до соціальної, культурної, освітньої сфери – школам, сільрадам, клубам тощо) з можливістю підключення у короткостроковій перспективі інших користувачів. Такі споруди повинні відповідати сучасним санітарним, екологічним вимогам, враховувати вимоги до благоустрою, інженерної підготовки території [1 та ін.]. Це диктує умови вибору матеріалу конструкції, технологічних процесів очищення, застосування принципів автоматизації та "розумного" керування роботою локальних очисних споруд [2 та ін.]. Аналіз сучасних принципів роботи таких споруд показав ефективність використання споруд типу [3] (рис. 1).

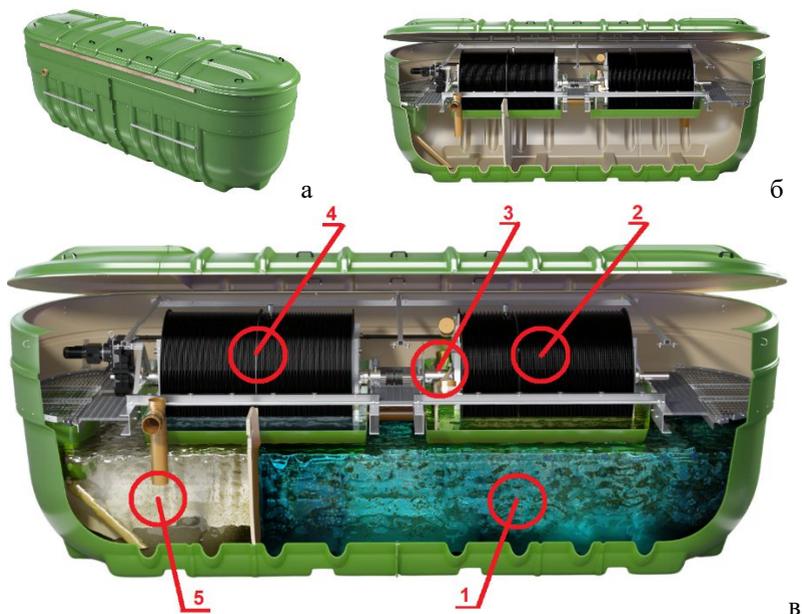


Рис. 1. Локальна очисна споруда Klargester BioDisc [3]:
а – зовнішній вигляд; б – вигляд у розрізі; в – етапи очищення
(1 – первинний відстійник; 2 – технологія обертового біологічного
контактора; 3 – контрольована пряма подача; 4 – біологічне
очищення; 5 – кінцевий відстійник)

Отже, розглянутий приклад типу конструкції та технології очищення локальних очисних споруд можна рекомендувати КП "Луцькводоканал" для впровадження у малих населених пунктах Луцької громади.

1. Синій С. В., Мельник Ю. А., Сунак П. О., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О. М. Проектування каналізаційних мереж з використанням принципів SWOT-аналізу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2021, 16, 171-179. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22) .
2. Синій С.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М., Крантовський І.О., Орешкович М. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) .
3. Klargester BioDisc Large Sewage Treatment Plant. *Klargester*. URL: <https://www.klargester.co.uk/products/commercial-infrastructure/commercial-sewage-treatment-plants/biodisc-commercial-sewage-treatment-plant/> .

УДК 628

Водопостачання та водовідведення, від джерела до очищення: сучасні принципи та технології життєзабезпечення міст

Water supply and wastewater disposal, from source to treatment: modern principles and technologies for urban life support

С. В. Синій, к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В. М. Мартенюк, ст. викладач, М. В. Буряк, к.т.н., доц., М. Я. Шпінталь, к.т.н., доц. (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), М. В. Нінічук, к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)

S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. (Lutsk National Technical University, Lutsk), V. M. Martyniuk, Senior Lecturer, M. V. Buriak, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof., M. Ya. Shpintal, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. (West Ukrainian National University, Ternopil), M. V. Ninichuk, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Розглянуто напрямки інтеграції в інженерні системи водопостачання та каналізації сучасних принципів та технологій очищення води та стоків, удосконалення нормативів для досягнення сталого життєзабезпечення міст.

The directions of integration into engineering water supply and sewage systems of modern principles and technologies for water and wastewater treatment, and improvement of standards for achieving sustainable urban life support, were considered.

Системи водопостачання та водовідведення є критично важливими інженерними мережами, що підтримують життя сучасних населених пунктів і безперерйну роботу промислових підприємств. Ці системи мають складні комплекси споруд, одне із завдань яких – забезпечити споживачів водою потрібної якості та відвести використані води у вигляді стоків для подальшого очищення та безпечного повернення у природу [1-6].

У містах України системи водопостачання використовують переважно такі джерела водозабору як річки (як поверхневі вододжерела) чи артезіанські свердловини. При цьому екологічно та економічно найкращими з точки зору охорони довкілля та економії ресурсів, надійності роботи систем питного водопостачання є способи комбінації водозабору та відповідних їм технологій очищення води з поверхневих та підземних джерел. Чим потужніша система водопостачання тим важливішими є ці переваги, а тому таке комбінування особливо доцільне для міських централізованих систем та зазвичай використовується у великих та більших за них містах України. Попри те, що

таке комбінування підвищує вартість експлуатації систем водопостачання, його впровадження потрібно більш активно розширювати та поширювати на середні та малі міста. Також, унормовані на сьогодні вимоги до систем зворотного водопостачання у промисловості потрібно розширити та доповнити більш детальнішими вимогами до використання сірих вод у системах водопостачання та водовідведення житлових та громадських будівель.

У світі з кожним роком зростає ймовірність техногенного забруднення вододжерел (а для багатьох міст України воно також ускладнюється і внаслідок війни), особливо поверхневих. Враховуючи поступове щорічне зростання забрудненості природних вод процес очищення води після водозабору, особливо для потреб централізованого водопостачання міст, повинен проходити багатоступово з обов'язковим знезараженням для забезпечення нормативних вимог санітарної безпеки. Ріст спектру можливих речовин забруднень вододжерел потребує більш активного використання сучасних методів очищення води та стічних вод, приклади відповідних сучасних технологій наведені у [4-6]. Ефективність процесів водозабору та очищення підвищується їх автоматизацією та інтелектуалізацією, а також чутливою до конкретних умов та чинників забруднень методологією застосування етапів процесів очищення води під час експлуатації систем водопостачання. Розглянуті принципи у повній мірі стосуються і процесів збирання та технологій очищення стоків систем господарсько-побутової, виробничої, дощової каналізації.

Таким чином, обидві системи – водопостачання та водовідведення – функціонують у тандемі, замикаючи цикл водокористування за принципами екологізації процесів очищення та циркулярної економіки для досягнення санітарно-гігієнічних стандартів сталого життєзабезпечення міст.

1. Синій С. В., Ксьоншкевич Л. М., Крантовська О. М. та ін. Роль інформаційно-комунікаційних технологій у методології досліджень інженерних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2024, 21, 207-215. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-22) .
2. Сунак П. О., Синій С. В., Мельник Ю. А. та ін. Реконструкція інженерних споруд та мереж, ландшафту на основі технології лазерного сканування. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2022, 18, 147-161. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-16) .
3. Синій С. В., Мельник Ю. А., Сунак П. О. та ін. Проектування каналізаційних мереж з використанням принципів SWOT-аналізу. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2021, 16, 171-179. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6\(16\)-22](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2021-6(16)-22) .
4. Overview of Drinking Water Treatment Technologies. *EPA*. <https://www.epa.gov/sdwa/overview-drinking-water-treatment-technologies> .
5. Crini G., Lichtfouse E. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environ Chem Lett*, 2019, 17, 145–155. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0785-9> .
6. Smarzewska S., Morawska K. 1 - Wastewater treatment technologies. *Handbook of Advanced Approaches Towards Pollution Prevention and Control*, 2021, 3-32. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822121-1.00001-1> .

УДК 532.542.1

Підвищення енергоефективності спортивних комплексів через аналіз нестационарної теплової динаміки ґрунтових теплообмінників

Improving the energy efficiency of sports complexes through analysis of the non-stationary thermal dynamics of ground heat exchangers

Шамич О.М., д.псих.н., проф. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), Човнюк Ю.В., к.т.н., доц. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), Москвітін А.С., к.т.н., доц. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

Shamyh O. M., Doctor of Psychology, Professor (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv), Chovniuk Y.V., Ph.D., Associate Professor (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv), Moskvitina A.S., Ph.D., Associate Professor (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

У роботі отримане гіперболічне рівняння теплопровідності, яке адекватно описує нестационарні процеси теплообміну рідини (теплоносія) у ґрунтових теплообмінниках, призначених для підвищення енергоефективності функціонування спортивних будівель та споруд.

The paper presents a hyperbolic heat conduction equation that adequately describes the non-stationary processes of heat exchange of a fluid (heat carrier) in ground heat exchangers designed to improve the energy efficiency of sports buildings and structures.

Вивчення процесів нестационарної теплопровідності, розрахунок параметрів середовищ в умовах нестационарної теплопровідності останніх – важливий напрямок, який використовується в прикладних задачах тепломасообміну. При розв’язанні математичної моделі при різних граничних умовах є проблема достовірності чисельних розрахунків, тому є необхідність в вирішенні математичної моделі аналітичним методом. Наприклад, математична модель процесів тепломасообміну в акумуляторі теплоти при його зарядці та розрядці вирішується аналітично методом функції Гріна [1]. Акумулятори великої теплової ємності організуються у природному ґрунтовому масиві впорядкованого сукупністю (“кущем”) вертикальних/горизонтальних теплообмінників, розміщених або у бурових свердловинах. У результаті акумулювання створюється основна область накопиченої теплоти, яка обмежена зовнішнім контуром “куща”, певного об’єму й з певною температурою, а також

буферна підобласть деякого об'єму, яка дотикається до основної і є результатом теплової взаємодії об'єму основної області з оточуючим ґрунтовим масивом, який має постійну температуру. Найменші розміри буферної підобласті будуть у випадку рівномірного по основному об'єму розподілу температури. Це досягається організацією однакового теплового навантаження, яке припадає на кожний теплообмінник, однаковим потенціалом проміжного теплоносія й малим перепадом його температур, відповідно на вході й виході кожного теплообмінника й низкою інших вимог. Розміри буферної підобласті можна зменшувати, якщо створити верхній теплоізоляційний щит. Це призведе до зменшення габаритів усієї конструкції й відпаде необхідність теплоізоляції трубопроводів, які підводять й відводять теплоносій [2, 3]. При цьому габарити конструкції повинні бути оптимальними, тобто відповідати певному критерію, за якого відношення об'єму буферної підобласті до об'єму всього акумулятора теплоти є мінімальним. У рамках дослідження розроблено та застосовано гіперболічне рівняння теплопровідності. Це рівняння забезпечує адекватне моделювання нестационарних процесів теплообміну теплоносія в ґрунтових теплообмінниках, що використовуються для підвищення енергоефективного теплопостачання спортивних споруд [1, 2]. При розв'язку початково-крайової задачі (задачі Коші) у циліндричній системі координат враховано рух рідини. Для аналітичного розв'язку було використано метод функцій Гріна.

Даний розв'язок, заснований на гіперболічній теорії теплопровідності, яка враховує скінченність швидкості розповсюдження тепла, що є ключовим для точного моделювання. Використання цього підходу дозволяє: по-перше, точніше встановлювати вимоги до міцності трубних елементів ґрунтових теплообмінників з урахуванням дії термодинамічних навантажень; по-друге, більш детально і достовірно визначати температурний профіль у циліндричній трубі. Зрештою, це дає можливість оптимізувати перехідні процеси (пуск/зупинка) ґрунтових теплообмінників, що є прямим шляхом до підвищення енергоефективності та екологічності експлуатації закритих спортивних будівель, які використовують ґрунтові акумулятори теплоти та теплонасосні системи опалення та охолодження [4, 5].

Аналітичне представлення нестационарних теплових полів, що виникають у прямолінійних трубних елементах ґрунтових теплообмінників, забезпечено завдяки точним періодичним та нестационарним розв'язкам гіперболічного рівняння теплопровідності (відомого також як телеграфне рівняння або лінійне рівняння Клейна–Гордона). Ці рішення отримані безпосередньо в часовій області із застосуванням методу функцій Гріна, що відповідає підходу, який називається не-Фур'є-аналіз (аналогічно роботам А.Б. Шварцбурга), і дозволяє уникнути традиційних Фур'є-розкладів. З метою врахування неізометричних параметрів, конвективний теплоперенос розраховано аналітично за допомогою рівняння теплообміну [6]. Застосовано модель, де перенесення теплоти для

кожного з двох середовищ (рідина – тверде тіло) описується окремим рівнянням теплообміну: а) для рідкої фази (теплоносій, водний розчин пропіленгліколю); б) для твердого тіла (стінка труби, ґрунт). Під час моделювання було задано початкові та граничні (крайові) умови, що відповідають третій крайовій задачі. Ці умови були сформовані згідно з реальними розрахунковими залежностями та параметрами, характерними для систем акумулювання теплоти в ґрунтовому масиві, а також з урахуванням специфіки експлуатації та ключових характеристик сучасних закритих спортивних споруд [7, 8].

Результати роботи, що демонструють розподіл температурного поля в одиночних прямолінійних трубних елементах (теплообмінниках), підтверджують можливість та доцільність використання таких теплообмінників-колекторів для вилучення природної теплоти ґрунту. Це забезпечує підвищення енергоефективності та екологічності функціонування спортивних будівель і споруд. Крім того, ці результати мають потенціал для удосконалення існуючих інженерних методик розрахунку подібних систем, що може бути використано для оптимізації конструктивних елементів колекторів як на етапі проектування, так і в умовах реальної експлуатації.

1. Човнюк Ю. В., Чередніченко П. П., Москвітін А. С., Пефтьєва І. О. Визначення оптимальних співвідношень розмірів ґрунтових акумуляторів теплоти, обмежених теплоізоляційними шарами. Містобудування та територіальне планування. 2022, 80, 446–462. DOI: 10.32347/2076-815X.2022.80.451-464 2. Yurii Chovniuk, Anna Moskvitina, Serhii Rybachov, Petro Zynych. Nonisothermal flow of nanofluid in ground heat accumulator for decentralized heat supply of rural facilities for various purposes. Engineering for Rural Development. Jelgava, LATVIA. Vol.23. P.623-629 DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF 116 3. Накорчевський А. І. Ґрунтові акумулятори теплоти і модернізація комунальної теплоенергетики. Київ : Наукова думка, 2010. 256 с. 4. Накорчевський А. І., Басок Б. І. Оптимальна конструкція ґрунтових теплообмінників. Промислова теплотехніка. 2005, Т. 27, № 6, 27–31. 5. Atkinson K. E., Han W. Theoretical Numerical Analysis: An Introduction to Advanced Techniques. — Springer, 2009. 6. Bronshtein I. N., Semendyayev K. A. Handbook of Mathematics. — Springer, 2015. — 974 p. — ISBN 978-3-662-46220-1. 7. Richtmyer R. D., Morton K. W. Difference Methods for Initial-Value Problems. — Dover Publications, 2017. — (Dover Books on Mathematics). 8. Tu J., Yeoh G. H., Liu C. Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach. — 3rd ed. — Butterworth-Heinemann, 2018. — 676 p. — ISBN 978-0-08-101127-7.

ЗМІСТ

<p>СЕКЦІЯ 1 ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА МІСТОВБУДУВАННЯ, УРБАНІСТИКИ. ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА</p>	4
<p>Modern architecture of educational centers in the structure of architectural development in Morocco L. S. Martyshova, PhD in Architecture, Associate Professor, (National University of Municipal Economy, Kharkiv), A. Sekri, Student of master level, (National University of Municipal Economy, Kharkiv)</p>	5
<p>Architectural Methods of Forming Modern Wellness and Recreation Complexes in Morocco Achraf Sekri, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)</p>	7
<p>Дослідження інфраструктурного будівництва в контексті сталого розвитку В. І. Анін, д.е.н., професор, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), Д. О. Фостащенко, аспірант, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)</p>	9
<p>Перспективні тенденції розвитку архітектури торговельно-розважальних центрів Белінський Є.А, магістр, (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова) к. арх., доц. Дудка О.М, ст. викл. Сільвестрова Н.П.</p>	11
<p>Перспективи державно-приватного партнерства в дорожній галузі Догадайло Я.В., к.е.н., доцент, (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків), Догадайло О.О., к.т.н., доцент, (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)</p>	13
<p>Значення місця автовокзалу в структурі міського середовища (на прикладі м. Чугуїв) С. В. Зацепя, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проектування, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)</p>	15
<p>Адитивні технології в BIM-моделюванні В. Б. Захарчук, аспірант, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, В.С. Здреник, к.е.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	17
<p>Ресурсозберігаючі транспортні технології як пріоритет розвитку сучасного містобудування В. Б. Захарчук, аспірант, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, В.С. Здреник, к.е.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	19
<p>BIM + III у містобудуванні: можливість, приклади застосування та виклики О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, М. В. Буряк, к.т.н., доцент, О.С. Шевчук, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	21
<p>Принципи та методи формування громадського центру Н.І. Ільчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В.Р. Кравчук, магістр, О.Ю. Поліщук, магістр (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	23

<p>Принципи проектування готельних комплексів модульного типу Н.І. Ільчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В.Р. Кравчук, магістр, О.Ю. Поліщук, магістр (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	25
<p>Сучасні підходи до проектування поліфункціональних культурно-громадських центрів. Їхня роль в місті А. Д. Кльосова, здобувачка другого(магістерського) рівня вищої освіти (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), А. С. Мартиненко, канд. арх., доц., каф. Основ архітектурного проектування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)</p>	27
<p>Контроль і регулювання ринку земельних ділянок в Україні Котельчук С.Є., студент, Дзюбинська О.В., к.е.н., доцент, Смаль М.В., к.т.н., доцент, Дзюбинський А.В., к.е.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)</p>	29
<p>Використання технологій комп'ютерного зору у галузі міського будівництва Мартинюк Н.О., аспірант (Луцький національний технічний університет), Мікуліч О.А., д.т.н., проф. (Луцький національний технічний університет)</p>	32
<p>Особливості формування архітектурної композиції структури забудови в Марокко Л. С. Мартишова, канд. архіт., доцент, (Національний університет міського господарства, м. Харків), І. Нашаф, студент рівня магістр, (Національний університет міського господарства, м. Харків)</p>	34
<p>ВІМ як інструмент формування компетентностей майбутнього у будівельній справі Л.М. Мельник, д.е.н., професор; В.П.Ясній, д.т.н., професор; О.М. Мещерякова, ст. викладач, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна</p>	36
<p>Класифікація і типологічні ознаки громадсько-торгівельних комплексів Л.В. Новічков, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)</p>	38
<p>Типологічні ознаки та класифікація культурно-освітніх центрів Д. Р. Одайник, студентка, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)</p>	40
<p>Сучасні тенденції проектування житлової архітектури В. Р. Парасюк, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), А. С. Мартиненко, канд. арх., доц., каф. Основ архітектурного проектування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)</p>	42
<p>Формування сучасних спортивно-оздоровчих комплексів в структурі міста Парфентьева І.О., к.т.н., Степанюк В.О., магістр, (Луцький національний технічний університет)</p>	44
<p>Роль принципів і прийомів при створенні концепції розвитку архітектурного середовища пішохідних просторів міст Петруня О.М. архітектор, асистент кафедри міського будівництва Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ</p>	47

<p>Сучасні методи нейронних мереж для векторизації будівель із супутникових знімків високої роздільної здатності</p> <p>I. А. Радіон, аспірант, (Волинський національний університет імені Лесі Українки), О. В. Мельник, к.т.н., доцент, (Волинський національний університет імені Лесі Українки)</p>	49
<p>Правове регулювання добровільного страхування будівельних ризиків та професійної відповідальності як елемент будівельного права, що стимулює якість та надійність відбудови</p> <p>Рябих Н.В., кандидат юридичних наук, доцент, доцент кафедри права, Корицька В.І., студент, Федосюк А.С., студент (Луцький національний технічний університет)</p>	51
<p>Класифікація ремісничих художніх коледжів за основними ознаками</p> <p>В. О. Сумченко, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проектування, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)</p>	54
<p>Трасування каналізації за даними геологічних вишукувань</p> <p>С. В. Синій, к.т.н., доцент, О. В. Верешко, к.т.н., доцент, П. О. Сунак, к.т.н., доцент, С. В. Деркач, студент, М. С. Кондратюк, студент, Д. П. Савка, студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	56
<p>Обґрунтування траси каналізації на основі геодезичних вишукувань</p> <p>С. В. Синій, к.т.н., доцент, О. В. Верешко, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О. В. Мельник, к.т.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк), А. В. Корець, студентка, І. А. Домбровська, студентка, Д. А. Цицюк, студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	59
<p>Геоінформаційний аналіз просторової взаємодії щільності забудови та зеленої інфраструктури (ugi) у місті житомир</p> <p>А.В. Уль, д.т.н., професор, Ю. А. Мельник, к.т.н., доцент, О. В. Мельник, к.т.н., доцент, (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк) О. В. Верешко к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	61
<p>Геоінформаційні методи визначення географічних центрів адміністративних утворень</p> <p>А.В. Уль, д.т.н., професор, О. В. Мельник, к.т.н., доцент, Ю. А. Мельник, к.т.н., доцент, В.В. Шеремета, студент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк)</p>	64
<p>Інноваційні аспекти розвитку міського будівництва</p> <p>Хомич Т. Ю., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	66
<p>Реконструкція житлових масивів періоду масового індустріального домобудівництва</p> <p>С.М. Чепурна, к.т.н., доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)</p>	68
<p>Генеральна схема планування території України: сучасні виклики</p> <p>О. С. Шевчук, к.т.н., доцент, О. П. Захарчук, к.т.н., доцент, А. О. Вітровий, к.т.н., доцент, Р. В. Сіран, аспірант кафедри транспорту і логістики, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	70

Сучасна планувальна структура Тернополя та його територіальний потенціал О. С. Шевчук, к.т.н., доцент, Н. М. Фалович, к.е.н., доцент, А. О. Вітровий, к.т.н., доцент, Р. В. Сіран, аспірант кафедри транспорту і логістики, (Західноукраїнський національний університет, Тернопіль), С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	74
СЕКЦІЯ 2 Наукові досягнення молодих учених та студентів за спеціальністю БЦІ. Напрямки вдосконалення підготовки фахівців за спеціальністю БЦІ	78
Modern Office Design Trends in Morocco: Towards More Human Workspaces W. Belegchour, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	79
Developing Luxury Tourism in Agadir Through Sustainable Shopping Centers Kamar Soukab, student (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	81
Modern Residential Buildings as a Tool for the Development of a Comfortable Urban Environment A. Yassif, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	83
Особливості проектування апарт-готелю зі стайнями в складних умовах рельєфу О.А. Вінтер, студент (Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова)	85
Навчальні простори з відкритим плануванням: провідна тенденція формування сучасних освітніх центрів і вплив на освітню діяльність Н. С. Дорошко, студент (Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова)	87
Планування відкритих громадських просторів – частина сталого розвитку територіальних громад О. Р. Дудка, студент, (Луцький національний технічний університет)	89
Поліфункціональні молодіжні центри як інструмент розвитку сучасного міського середовища А. О. Завгородня, студентка, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)	91
Питання розвитку територіальних громад: Комплексний план просторового розвитку В.В. Угроватий, студент, (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)	93
Проектування мультифункціональних культурно-розважальних центрів Чернишенко В.В., магістрант (Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків)	95
СЕКЦІЯ 3 Проектування, будівництво, реконструкція та відбудова житла	97
Trends in research on the bearing capacity of bored micropiles with enlarged base O. T. Hnatyuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv), V. O. Kret, Ph.D. Student, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv)	98

<p>Numerical calculation of deflections and damage modeling of reinforced concrete beams in ANSYS to enhance the safety of critical infrastructure during wartime</p> <p>O. M. Krantovska, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, L. M. Ksonshkevych, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa), M. M. Petrov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Military Academy, Odesa), S. V. Synii, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk), M. Orešković, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (University North, Varaždin, Croatia)</p>	100
<p>Інженерний розрахунок багатопанельних конструкцій з деревини на основі теорії складених стрижнів</p> <p>Т.Н. Азізов, д.т.н., професор, (Одеська державна академія будівництва та архітектури), Д.В. Кочарьов, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування), О.Ф. Майстренко, к.т.н., доцент, А.Ю. Похнюк, студент, (Одеська державна академія будівництва та архітектури)</p>	103
<p>Дослідження малоциклової втомленості зчеплення бетону з металевією арматурою класу А500С</p> <p>О.В. Андрійчук, к.т.н., доцент, О.С. Чапук, к.т.н., доцент, В.В. Волянський, аспірант (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	105
<p>Експериментально-теоретичне дослідження роботи буронабивних мікропаль на дію вертикальних вдавлюючих навантажень</p> <p>О. Т. Гнатюк, к.т.н., доцент, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), В. М. Максимович, д.т.н., професор, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), Т. Ю. Осадчук, к.т.н., в.о. доцента, (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького), Ю. М. Фабрика, к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)</p>	107
<p>Оцінка технічного стану збірних залізобетонних конструкцій для проведення реконструкції виробничо-складського комплексу</p> <p>С. Я. Дробшинець, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О.Г. Бондарський, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), П.О. Сунак, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), О.П. Шимчук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	109
<p>Оптимізація мікроструктури бетону через нанотехнології</p> <p>І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)</p>	111
<p>Забезпечення якості виконання будівельно-монтажних робіт при покращенні енергоефективності будівель</p> <p>О. А. Пахолок, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет), П.В. Пилип'юк, магістр (Луцький національний технічний університет)</p>	113
<p>Методика розрахунку криволінійних оболонок у програмному комплексі ЛІРА-САПР</p> <p>М. В. Ройко, студент, Р. В. Пасічник к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет)</p>	116
<p>Особливості експлуатації та функціонування будівельної техніки</p> <p>І. Я. Рольський, здобувач вищої освіти, Р. І. Розум, к.т.н., доцент, А. Є. Буяк, к.т.н., ст. викладач (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	119
<p>Інновації модульного будівництва: переваги, виклики та можливості</p> <p>Ротко С.В., к.т.н., доц., Новосад М.Р. студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	121

3D друк будівель і споруд: сучасний стан, економічна ефективність і перспективи в Україні Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожнікова І.В., к.т.н., доц., Василюк В.Л., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	123
Вплив динамічних навантажень від метрополітену на навколишню забудову Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожнікова І.В., к.т.н., доц., Бончковський І.М., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	125
Аналіз дефектів фундаментів у приватному будівництві: причини та рішення Ротко С.В., к.т.н., доц., Вознюк Ю.В., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	127
Куполи в сакральній архітектурі: вплив форми на розподіл навантажень і сучасні конструктивні підходи Ротко С.В., к.т.н., доц., Петрук Ю.М., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	130
Використання сучасних матеріалів при відбудові зруйнованих об'єктів Ротко С.В., к.т.н., доц., Саковець А., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	133
Інженерно-технічні рішення для забезпечення інклюзивності культових споруд Ротко С.В., к.т.н., доц., Трохимчук С., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	135
Експериментально-моделююче дослідження процесів вологоперенесення у сендвіч-панелях із базальтовим утеплювачем у помірному кліматі України М. В. Русецька, аспірантка (Київський національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ), С. А. Бакулін, к.т.н., доцент, (Київський національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ)	138
Диференційований підхід до визначення товщини утеплювача фасадів багатоквартирної житлової будівлі засобами комп'ютерного енергетичного моделювання В. П. Самчук, к.т.н., доцент; С. І. Пустольга, д.т.н., професор; О. А. Пахолюк, к.т.н., доцент; Д. Я. Кислюк, к.т.н., доцент; С. О. Павловський, магістрант (Луцький національний технічний університет)	140
Використання 3D-друку у зведенні будівель Собковська В.О., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смаль О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)	143
Принципи реконструкції шкіл у поствоєнний період М. С. Соловійов, студент (Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова), І. І. Крейзер канд. арх., доцент (Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова), О.М. Чуб канд. арх. (ТОВ «Інститут Харківпроект»)	145
Інтеграція віт-орієнтованих програмних рішень у підготовку фахівців спеціальності “Будівництво та цивільна інженерія” Соловійов П.О., студент, Парфентьєва І.О., к.т.н. доцент, (Луцький національний технічний університет)	147
Використання ВІМ-технологій для управління енергоефективністю будівель Хвищук П.В., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	149
Інженерно-технічне забезпечення діагностики корозійного стану під час реконструкції мостових споруд Н.П. Чиженко, к.т.н., доцент (Національний транспортний університет)	152

Вплив зовнішніх факторів та часу на характеристики та стан матеріалів, що складають масив руйнації забудови Швидкий Д. С., аспірант, Швець В.В., к.т.н., доц., (Вінницький національний технічний університет), Соколенко К.В., PhD, Соколенко В.М., к.т.н., доц., (Східноукраїнський національний університет ім. В. Дала, м. Київ)	155
СЕКЦІЯ 4 Дослідження матеріалів, конструкцій, інженерних та транспортних мереж, ефективних технологій у міському будівництві та господарстві	158
Study of the combined corrosive effects of aggressive liquid media and electric current on composite building materials O. Borziak, DSc (Tech.), Associate Professor, T. Rucińska, DSc (Tech.) (West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland), M. Hudymenko, PhD student (Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv)	159
Embroidered paving in the architectural environment of the city of Odesa V. V. Dumanska, Ph.D. in Engineering, Associate Professor D. O. Krantovska, higher education student (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa), S. V. Kravchuk, higher education student (Lviv Polytechnic National University)	161
Неруйнівні методи оцінювання міцності бетонних та залізобетонних конструкцій Андрійчук О.В., к.т.н., професор (Луцький національний технічний університет), Громов Д.Ю., аспірант (Луцький національний технічний університет)	163
Аналіз просторових змін продуктів сульфатної корозії бетонних каналізаційних колекторів О. Борзяк, д.т.н., доцент (Західнопоморський технологічний університет у Щецині, Щецин, Польща), М.С. Гудименко, аспірант, Юй Вей, аспірант (Український державний університет залізничного транспорту, Харків)	166
Моделювання транспортних потоків у будівництві автомобільних шляхів М. В. Буряк, к.т.н., доцент, О. С. Шевчук, к.т.н., доцент, О.П. Захарчук, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)	168
Реконструкція перехрестя вулиць Дубнівська та Карпенка-Карого у місті Луцьку з використанням методу транспортного мікромодельовання О.В. Верешко, к.т.н., доцент, С.М. Остапчук, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)	170
Моніторинг та оновлення дорожньої інфраструктури та обладнання, що забезпечують транспортування води в міській забудові О. Г. Добровольська, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), О. М. Фостащенко, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)	173
Сучасні підходи у відновленні та реконструкції об'єктів будівництва І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), В.М. Колякова к.т.н., доцент, (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), С.В. Ротко, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)	175
Гібридні дерев'яно-бетонні конструкції: сучасні підходи та тенденції розвитку І.В. Задорожнікова, к.т.н., доцент, Чапюк О.С., к.т.н., доцент, Рябік П.М., магістрант (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)	177
Порівняння розрахунків центрально-стиснутих елементів із дерева Кислюк Д.Я., к.т.н., доцент, Талах Л.О., к.т.н., доцент, Задорожнікова І.В., к.т.н., доцент, Коробко М.В., магістр, Лещук О.М., студент, (Луцький національний технічний університет, Луцьк)	179

<p>Важливість скорочення транспортного зв'язку та створення комфортного міського простору</p> <p>Колпакова Г.О., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смаль О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)</p>	181
<p>Оцінка несучої здатності залізобетонних конструкцій після пошкодження вибуховим літальним об'єктом</p> <p>А.В. Мазурак, к.т.н., доцент, М.Е. Волинець, Ю.С. Фамуляк, к.т.н., доцент, О.Т. Гнатюк, к.т.н., доцент (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького)</p>	183
<p>Цифровий аналіз мікроструктури пінистих матеріалів</p> <p>О. А. Мікуліч, д.т.н., професор, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Д. Т. Коменда, аспірант, (Луцький національний технічний університет)</p>	185
<p>Експериментальна оцінка міцності паяних з'єднань полімерних матеріалів</p> <p>С.Б. Мікуліч, аспірант (Луцький національний технічний університет), М.В. Делявський, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет), А.О. Сяський, д.т.н., професор (Луцький національний технічний університет)</p>	187
<p>Числове моделювання напружено-деформованого стану багатопустотної плити зі швидкоотверднучого високоміцного бетону</p> <p>Ю. В. Олевич, к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ), А. В. Андрусак, к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ), О. В. Козак, к.т.н., доцент, (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ)</p>	189
<p>Застосування геосинтетичних матеріалів для берегоукріплюючих споруд</p> <p>А.М. Онищенко, д.т.н., професор, (Національний транспортний університет), С.М. Ворошнов, к.т.н., доцент, (Національний транспортний університет), Н.П. Чиженко, к.т.н., доцент, (Національний транспортний університет)</p>	191
<p>Результати експериментальних досліджень згинальних залізобетонних елементів зі змішаним армуванням за короткочасного навантаження</p> <p>Панчук Ю.М., к.т.н., доцент, (Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне)</p>	194
<p>Порівняльний аналіз моделей машинного навчання для прогнозування міцності бетону</p> <p>Н.Р. Печончик (Луцький національний технічний університет), О.С. Приходько, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет)</p>	196
<p>Переміщення маломобільних верств населення на пішохідних зонах вулично-дорожньої мережі міст</p> <p>Приймаченко О.В., завідувач кафедри, Чередніченко О.П., аспірантка, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ</p>	199
<p>Ітераційна оптимізація складу бетону із заданою швидкістю тверднення за допомогою машинного навчання</p> <p>В.О. Приходько (Луцький національний технічний університет), О.С. Приходько, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет)</p>	201
<p>Аналіз впливу кліматичних факторів на властивості асфальтобетону</p> <p>Ротко С.В., к.т.н., доц., Шемчук М.О., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	203
<p>Дослідження економічної ефективності при розрахунках залізобетонних конструкцій за Єврокодом</p> <p>Ротко С.В., к.т.н., доц., Боруцький М.Ф., студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	205

<p>Оптимізація армування залізобетонних плит перекриття Ротко С.В., к.т.н., доц., Гандзюк А.О., студентка (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	207
<p>Вплив корозійно-агресивних факторів на довговічність будівельних металоконструкцій у середовищах зі змінними параметрами мікроклімату А. В. Серафименко, здобувач вищої освіти (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), Р. І. Розум, к.т.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), П. В. Попович, д.т.н., професор (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	209
<p>Дослідження роботи теплоізоляції одношарової системи на етапі життєвого циклу промислового об'єкта Соколенко В.М., доц. к.т.н., Соколенко К.В., PhD, Коліушко О.Ю. магістр, Герасим П. М. магістр (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Київ)</p>	211
<p>Оптимізація поперечного перерізу сталевोї зварної двотаврової балки за критерієм мінімальної потенціальної енергії деформації К. В. Соколенко, PhD, (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ)</p>	214
<p>Визначення несучої здатності залізобетонних колон О. А. Ужєгова, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет), О. Г. Бондарський, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет), Ю. Д. Кислюк, магістр, (Луцький національний технічний університет)</p>	217
<p>Напружено-деформований стан двшарнірних залізобетонних рам при повторних навантаженнях С. В. Філіпчук, д.т.н., професор, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), О. С. Собішанський., аспірант, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)</p>	221
<p>Механічні властивості жорстких пінополіуретанів, модифікованих перлітовими добавками Т. В. Фурс, к.т.н., доцент, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), О. А. Мікуліч, д.т.н., професор, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), І. М. Войтюк, аспірант (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)</p>	223
<p>СЕКЦІЯ 5 Енергоефективність у міському будівництві та господарстві. Містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад</p>	225
<p>Using artificial intelligence for energy consumption monitoring in urban construction Yu. V. Dotsenko, Ph.D. in Engineering, N. V. Sidorova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa)</p>	226
<p>Evaluating the Energy Performance of Passive Cooling and Ventilation Systems in Moroccan Hospitals I. Ech-charyfy, student (O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)</p>	228
<p>Архітектурні аспекти формування дитячих центрів соціально-психологічної підтримки в структурі територіальних громад Ю.О. Борщ, студент, наукові керівники С.П. Шкляр, доцент, Н.П. Сільвестрова, старший викладач (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)</p>	230

<p>Інноваційні технології та обладнання в системах транспортування води для об'єктів міського будівництва</p> <p>О.Г. Добровольська, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя), Фостащенко, к.т.н., доцент, (Запорізький національний університет, м. Запоріжжя)</p>	232
<p>Методологічні особливості урбан-аналізу приміського села Великий Омеляник</p> <p>О. С. Дубець, магістрант, С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	234
<p>Інтеграція сонячних панелей у фасади будівель</p> <p>О. П. Запара, гр. АМ-42 (Луцький національний технічний університет), В. Р. Пасічник, гр. ДГ-11 (Луцький національний технічний університет), О. С. Пасічник к. арх., доц. (Луцький національний технічний університет)</p>	236
<p>Трансляція теми саду в контексті сучасної архітектури</p> <p>Д. С. Кучашвілі, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), І. В. Кудряшова, канд. арх., доцент кафедри основ архітектурного проєктування, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)</p>	238
<p>Формування блакитно-зеленої інфраструктури в країнах Європейського Союзу</p> <p>І. Е. Линник, д.т.н., професор, (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків), Є. С. Ковтун, студент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)</p>	240
<p>Роль і значення метрології в сучасному будівництві</p> <p>В. Є. Левандовський, здобув. вищої освіти, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), Р. І. Розум, к.т.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), М. Я. Шпінталь, к.т.н., доцент, (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)</p>	242
<p>Відновлювані енергоресурси у міському будівництві України</p> <p>Лихач Е. І., студентка, Смаль М. В., к. т. н., доц., Дзюбинська О. В., к. е. н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	244
<p>Оптимізація енергоефективності та якості повітря у приміщеннях під час проєктування будівель</p> <p>Москвігіна А.С., к.т.н., доц. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)</p>	246
<p>Тимчасові інтервенції в індустріальних зонах як етап ревіталізації</p> <p>Ніколаєнко А. С., студентка другого курсу магістратури (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків), Ремізова О. І., доктор архітектури, професор кафедри основ архітектурного проєктування (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків)</p>	248
<p>Енергоефективність у будівництві</p> <p>Погребський А.В., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	250
<p>Містобудівні та архітектурні аспекти розвитку територіальних громад</p> <p>Синицька Н.О., студент, Смаль М.В., к.т.н., доц., Дзюбинська О.В., к.е.н., доц. (Луцький національний технічний університет, Луцьк), Смаль О.В. (Технічний фаховий коледж ЛНТУ, м. Луцьк)</p>	252
<p>Напрямки впровадження станцій очищення води для громадських будівель Луцької громади</p> <p>С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	254

<p>Перспективи впровадження очисних споруд каналізації у селах Луцької громади С. В. Синій, к.т.н., доцент, В. І. Формазюк, студент, Ю. М. Сеник, студентка, О. А. Лук'янюк, студент, З. В. Драганчук, студентка, Д. О. Смаль, студент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	255
<p>Водопостачання та водовідведення, від джерела до очищення: сучасні принципи та технології життєзабезпечення міст С. В. Синій, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк), В. М. Мартенюк, ст. викладач, М. В. Буряк, к.т.н., доцент, М. Я. Шпінталь, к.т.н., доцент (Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль), М. В. Нінічук, к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, Луцьк)</p>	257
<p>Підвищення енергоефективності спортивних комплексів через аналіз нестационарної теплової динаміки ґрунтових теплообмінників Шамич О.М., д.псих.н., проф., (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), Човнюк Ю.В., к.т.н., доц., (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ), Москвітїна А.С., к.т.н., доц. (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)</p>	259

Наукове видання

**Сучасні проблеми містобудування.
Перспективи та пріоритети розвитку:**

збірник тез доповідей

**міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції,
14 листопада 2025 р., м. Луцьк**

[Електронний ресурс]

Комп'ютерне макетування – М. СМАЛЬ, О. ДЗЮБИНСЬКА

Підписано до друку 28.12.2025 р.
Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк 17,13

Луцький національний технічний університет
43018, Луцьк, вул. Львівська, 75